



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 H04N 7/18	A1	(11) 国際公開番号 WO00/07373
		(43) 国際公開日 2000年2月10日(10.02.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/04061  (22) 国際出願日 1999年7月29日(29.07.99)  (30) 優先権データ 特願平10/217261 1998年7月31日(31.07.98) JP 特願平10/286233 1998年10月8日(08.10.98) JP 特願平10/317393 1998年11月9日(09.11.98) JP 特願平10/317407 1998年11月9日(09.11.98) JP 特願平10/324701 1998年11月16日(16.11.98) JP  (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)(JP/JP) 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 岡本修作(OKAMOTO, Shusaku)(JP/JP) 〒573-0013 大阪府枚方市星丘3-6-10-215 Osaka, (JP) 中川雅通(NAKAGAWA, Masamichi)(JP/JP) 〒573-0151 大阪府枚方市藤阪北町22-5-304 Osaka, (JP)	登 一生(NOBORI, Kunio)(JP/JP) 〒571-0063 大阪府門真市常称寺町16-1-811 Osaka, (JP) 森村 淳(MORIMURA, Atsushi)(JP/JP) 〒631-0006 奈良県奈良市西登美ヶ丘4丁目14-8 Nara, (JP) (74) 代理人 弁理士 松田正道(MATSUDA, Masamichi) 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原5丁目1番3号 新大阪生島ビル Osaka, (JP)  (81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)  添付公開書類 国際調査報告書	
(54)Title: METHOD AND APPARATUS FOR DISPLAYING IMAGE  (54)発明の名称 画像表示装置、画像表示方法  (57) Abstract An image forming device comprises one or more cameras, space reconfiguration means for mapping an input image from the camera to a predetermined space model of a predetermined three-dimensional space, viewpoint conversion means for producing an image viewed from a virtual viewpoint in the predetermined three-dimensional space by referring to the space data mapped by the space reconfiguration means, and display means for displaying the image converted by the viewpoint conversion means.		

101 ... CAMERA  
 103 ... CAMERA PARAMETER TABLE  
 104 ... SPACE RECONFIGURATION MEANS  
 105 ... SPACE DATA BUFFER  
 106 ... VIEWPOINT CONVERSION MEANS  
 107 ... DISPLAY MEANS  
 A ... CAMERA 1  
 B ... CAMERA 2  
 C ... CAMERA N

## (57)要約

一台もしくは複数台のカメラと、前記カメラからの入力画像を、所定の3次元空間の所定の空間モデルにマッピングする空間再構成手段と、前記空間再構成手段によってマッピングされた空間データを参照して、前記所定の3次元空間における任意の仮想視点から見た画像を作成する視点変換手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする画像生成装置。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BF	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BG	ブルガリア	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BJ	ベナン	CM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BR	ブラジル	CN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BY	ベラルーシ	CW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
CA	カナダ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
CF	中央アフリカ	HR	クロアチア	ML	マリ	TR	トルコ
CG	コンゴ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CI	コートジボワール	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	IL	イスラエル	MX	メキシコ	US	米国
CN	中国	IN	インド	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CR	コスタ・リカ	IS	アイスランド	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CU	キューバ	IT	イタリア	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CY	キプロス	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZA	南アフリカ共和国
CZ	チェコ	KE	ケニア	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
DE	ドイツ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
		KR	韓国				

## 明 細 書

### 画像表示装置、画像表示方法

#### 技術分野

本発明は、数台のカメラで撮影された複数枚の画像について、画像を互いに独立して表示するのではなく、前記数台のカメラで撮影しているエリアの全体の様子が直感的に分かるように、一枚に合成した画像を表示する装置および方法に関し、たとえば、店舗におけるモニター装置、あるいは車両運転の際の安全確認の補助としての車両周囲モニター装置等に関する。

#### 背景技術

従来一般的な監視カメラ装置は、店舗などにおいて、監視対象となる部分を1台もしくは数台のカメラで撮影し、その画像をモニタ画面に表示する構成が一般的である。この際、例えば数台のカメラが設置してあれば、通常モニタ画面も前記カメラ台数分だけ準備するが、モニタ画面の台数がカメラの台数分だけ準備できない場合は、分割装置等を用いて、前記数台のカメラ画像を1枚分の画像に統合して表示させる、もしくは、カメラ画像を順次切り替えるなどの方法が取られる。しかし、これら従来装置では、それぞれのカメラからの画像を監視するには、独立に表示されている画像の連続性を管理者が考慮する必要があるなどの問題があった。

この問題を解決する方法として、複数台カメラからの画像が端の部分で重なるように設置し、複数台カメラからの画像を、前記重なり部分を重ねるこ

とによって一枚に統合した画像を表示することで、前記連続性の問題を解決した監視装置としては、例えば特開平10-164566号公報などがある。

また、監視装置の別の応用例として、車両に設置した場合がある。その従来例としては次のようなものがある。つまり、車両の周囲を監視するカメラを設置し、前記カメラで獲得した画像を運転席近くに設置したモニターテレビに表示させる監視装置である。例えば車両後方のように、運転者が目視もしくはミラーで見ることが出来ない場所を、前記カメラで撮影し前記モニターテレビに表示させる装置が知られている。特に、大型トラック、ワンボックスワゴンなど、目視およびミラーで確認できる視野が狭い車両には多数使用されている。

図69は、監視カメラを車両に設置した場合の従来例を示したものである。図69の例では、分割アダプタを介して、車体に取り付けられた4つの監視カメラ(C1～C4)からの画像を一枚の画像に合成し、該画像をモニターテレビで分割表示(D1～D4)する方法である。特に後部カメラからの画像に関しては、画像に撮っている物体の位置関係をミラーで見たときと同じ様にするため、左右反転した画像を表示するなどの工夫がされている。さらにカメラの画角の制限のため見ることが出来ない場所については、運転者の手動操作によって各々のカメラを回転させ、所望の場所の画像を得ることを可能としている。なお、上記に示した監視装置としては、例えば特開平5-310078号公報に開示の装置などがある。

しかしながら上記の例のような従来の監視装置については、各々のカメラから入力された画像を、互いに無関係に表示するので、カメラが撮影している空間全体の様子を、それぞれの画像を見ながら管理者が一度に把握するこ

とは困難である。

一方それぞれのカメラ画像を一枚に統合する場合も、カメラに撮影されている物体が空間内のどの位置に存在するかを計算するものではないので、例えば管理者が状況に応じて所望の視点からの統合画像を見たいという要求があった場合に、対処できない。

車両に設置された監視装置についても同様の問題が生じる。すなわち上記の例のように従来の監視装置については、各々のカメラから入力された画像を、互いに無関係に表示させるものである。従って例えば車両を駐車スペースに入れようとする場合の補助として前記表示された画像を用いる際にも、前記画像は見えない場所を見るだけの役割しか果たさない。つまり運転者は、従来の目視およびミラーを使った場合と比べて見えない場所が少なくなっただけにすぎない。

なお、視野が狭い点を解決するための方法としては、広角レンズを用いる事が一般的である。広角レンズからの画像ではある特定部分の詳細はつかめないが、逆に広角レンズを用いる事で視野が広まり、車両の周囲の全体的な状況を把握し易くなる。

しかしながら、通常のレンズを広角レンズに置き換えるのみでは、結局、カメラからの画像は、車体にカメラが設置されている場所に依存し、カメラが設置されていない場所からの仮想的な画像を見ることはできない。すなわち、広角レンズ設置したカメラを用いて得られる効果は、カメラの台数が減るという点のみである。

さらに、別の従来例として、特開平3-99952号公報に開示されている装置がある。図70は、その従来の車両周囲監視装置の実施例を示したブロ

ック図である。画像変換部2202 に入力されたカメラ1～N2201 からの画像が、変換により他の座標に変換され、画像表示部2203 で1枚の画像に合成される。そして運転席に設置されたTVモニタ2204に表示する。画像表示部では、ギア位置、車速、ウインカ動作に応じた信号により、自車表示位置を画面の中心よりずらすなどし、見ようとする車両周囲環境領域を広くとるようにするなどの工夫も可能である。

また、これをさらに発展させた他の従来例が特開平7-186833号公報に開示されている。この例では、周囲の状況を運転者に提示する際に、路面部分とそれ以外の部分を予め区別し、路面部分は座標変換によって車両中心上方に下向きに視点を置いたときに観測される画像に変換し、また路面外部分は、前記変換画像にカメラからの映像をそのまま適切な場所で適切な大きさに変更して重ねあわせ表示する。これにより車両の周囲の障害物の状況、特に車両後方から接近する他の車両などを正確に知らせるものである。

しかしながら、上記別の従来の車両周囲監視装置においては、得られる合成画像と実在の物体との対応づけが困難になる場合があるという問題があった。

また上記他の従来例では、路面と路面外とを分割することにより、路面外物体を画像に映った状態で切り出し合成画像に貼り付けるという方法を用いているが、路面外物体の切り出しは画像認識の分野でも難しい問題の一つであり、実用化は困難である。

一方、走行中にカメラが動いてしまい、合成画像にずれが生じるという問題があるが、それを解決する従来例としては、例えば特開平5-310078号公報に開示されている方法がある。該方法では、カメラの向きを変更す

る機構を備えることにより、運転者が合成画面を見ながら、手で所望の向きにカメラを動かす方法である。しかし、この場合の問題は、向きを変更する機構をカメラの台数と同じ数だけ取付ける必要があり、コストが高くなる点である。

本発明は、かかる課題を解決するものであり、例えば車両に設置された装置では、車両の全周囲にわたって車両近辺にどのような物体が存在するかを出来るだけ現実に近いように分かり易く一枚の画像として合成し、運転者に表示することを目的とする。

また、本発明は、前記合成のために必要な、カメラの取り付け位置、取り付け角度などのカメラパラメータを容易に求める方法、さらには、前記カメラパラメータが、走行時の振動や温度などによってずれたときに、それを検知し修正する装置および方法も提供する。

## 発明の開示

上記課題を解決するために、本発明は、一台もしくは複数台のカメラと、前記カメラからの入力画像を、所定の3次元空間の所定の空間モデルにマッピングする空間再構成手段と、前記空間再構成手段によってマッピングされた空間データを参照して、前記所定の3次元空間における任意の仮想視点から見た画像を作成する視点変換手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする画像生成装置である。

また、上記課題を解決するために、本発明の画像生成方法は所定の3次元空間に存在するカメラからの入力画像を、前記所定の3次元空間の所定の空間モデルにマッピングして空間データを作成する空間再構成工程と、前記空

間データを参照して、前記三次元空間における任意の仮想視点から見た画像を作成する視点変換工程とを備え得たことを特徴とする画像生成方法である。

上記課題を解決するために、本発明の装置は次の構成を有する。

本発明の基本構成は、車両に設置された一台もしくは複数台のカメラから画像を入力する画像入力手段と、前記カメラ特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、車両を基準とした座標系に空間モデルを作成する空間モデル作成手段と、前記カメラより入力された画像を前記空間モデルにマッピングするマッピング手段と、視点を設定し、前記視点から見た一枚の画像を、前記マッピング手段にて作成されたデータから合成する視点変換手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

本発明による監視装置の第1の応用構成は、距離を計測する距離センサと、車両周囲の状況として、少なくとも車両周囲に存在する障害物までの距離を前記距離センサを用いて計測する障害物検知手段とを備えたことを特徴とする。

本発明による装置では、予め適当に設定した空間モデル、もしくは、障害物検知手段によって検知された車両周囲の障害物までの距離に応じて設定される空間モデルが、空間モデル作成手段によって作成される。画像入力手段により車両に設置されたカメラから入力された車両周囲の画像は、マッピング手段によって前記空間モデルにマッピングされる。つづいて、視点変換手段にて決められた視点から見た一枚の画像をマッピングされた画像から合成し、表示手段にて表示する。この際、車両の乗員は、所望の視点からの画像を表示することが可能である。



上記課題を解決するために、本発明の基本構成は、車両に設置された一台もしくは複数台のカメラから画像を入力する画像入力手段と、前記カメラ特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、車両周囲の状況として、路面上の特徴を検知する路面特徴検出手段と、車両を基準として設定された座標系に、前記路面特徴検出手段の処理結果に応じた空間モデルを作成する空間モデル作成手段と、前記カメラより入力された画像を前記空間モデルにマッピングするマッピング手段と、視点を設定し、前記視点から見た一枚の画像を、前記マッピング手段にて作成されたデータから合成する視点変換手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

また、本発明の第1の応用構成は、車両の移動方向を検出する移動方向検出手段と、車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出手段を備え、前記移動方向検出手段および前記移動距離検出手段での処理結果を用いて、前記路面上の特徴の現在位置を計算し、計算した車両の現在位置にもとづいて、前記空間モデルを逐次修正することを特徴とする。

また、第2の応用構成は、前記表示手段において前記路面特徴検出手段における処理結果を表示しつつ前記処理結果を修正する特徴修正手段を備えたことを特徴とする。

本発明では、白線などの路面上の特徴を路面特徴検出手段にて検出し、空間モデル作成手段で前記検出された特徴に合わせて空間モデルを作成する。画像入力手段により車両に設置されたカメラから入力された車両周囲の画像は、マッピング手段によって前記空間モデルにマッピングされる。つづいて、視点変換手段にて決められた視点から見た一枚の画像をマッピングされた

画像から合成し、表示手段にて表示する。車両が移動した場合は車両と路面特徴との位置関係が変化するので、該変化に応じて空間モデルを修正し、修正後の空間モデルを用いて画像を合成し表示する。

上記目的を達成するために、本発明は、車両に設置された一台もしくは複数台のカメラから画像を入力する画像入力手段と、前記カメラ特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、前記車両の周囲の状況をモデル化した空間モデルに前記カメラより入力された画像をマッピングするマッピング手段と、所望の仮想視点から見た一枚の画像を、前記マッピング手段にて作成されたデータから合成する視点変換手段と、前記カメラのパラメータを、各々のカメラで独立して修正するカメラパラメータ修正手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

また、前記視点変換手段は、前記カメラパラメータ修正手段での処理時と通常動作時とで仮想視点を切り替えることを特徴とする。

また、前記視点変換手段は、前記カメラパラメータ修正手段での処理時は、仮想視点を車載カメラのいずれかのカメラパラメータと一致させることを特徴とする。

また、前記視点変換手段は、前記カメラパラメータ修正手段での処理時は、仮想視点を、該修正を行っているカメラの、修正処理前のカメラパラメータと一致させることを特徴とする。

また、前記視点変換手段において、視点の向きを変更する操作の向きと、前記視点の向きとの関係を互いに逆方向とすることを特徴とする。

また、前記表示手段は、各々のカメラからの画像を表示する際に、各々の

画像の接する境界部分で、境界を示すマークを合成画像に重ね合わせて表示することを特徴とする。

上記目的を達成するために、本発明は、車両に設置された一台もしくは複数台のカメラから画像を入力する画像入力手段と、前記カメラ特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、車両の周囲の状況をモデル化した空間モデルに前記カメラより入力された画像をマッピングするマッピング手段と、少なくとも位置、向きを含む視点パラメータを格納する視点パラメータテーブルと、前記マッピング手段でのマッピング処理の結果を用いて、所望の仮想視点から見た画像を合成する視点変換手段と、前記仮想視点のパラメータを修正する視点パラメータ修正手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を接合して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

また、前記一組の視点パラメータは、車両に設置されたカメラのいずれか一つと対となるよう区別して前記視点パラメータテーブルに格納することを特徴とする。

また、視点パラメータ修正手段において、仮想視点パラメータ変更操作のうち

、少なくとも向き・位置・回転の操作については、操作方向と実際の視点パラメータの変更との関係を、互いに逆とすることを特徴とする。

また、視点パラメータ修正手段において、視点パラメータ修正する際は固定した仮の仮想視点を設け、当該修正中の仮想視点での修正経過を、前記仮の仮想視点からの画像として逐次合成表示することを特徴とする。

また、前記表示手段は、各々のカメラからの画像を表示する際に、各々の

画像の接する境界部分で、境界を示すマークを合成画像に重ね合わせて表示することを特徴とする。

また、カメラ入力画像と合成画像との間の画素の対応づけ関係を保持するマッピングテーブルを備え、前記マッピング手段および視点変換手段での処理によって得られた前記対応づけ関係を前記マッピングテーブルに格納することを特徴とする。

また、視点パラメータ修正手段での処理によって変更された視点パラメータを用いて、前記マッピングテーブルを再計算するマッピングテーブル修正手段を備えたことを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

##### 【図 1】

本発明（請求項 1）の画像生成装置の基本構成例を示したブロック図

##### 【図 2】

請求項 9 および請求項 1 2 の本発明を組み合わせた画像生成装置の構成例を示したブロック図

##### 【図 3】

本発明（請求項 1 4）の画像生成装置の構成例を示したブロック図

##### 【図 4】

本発明（請求項 1 7）の画像生成装置の構成例を示したブロック図

##### 【図 5】

本発明（請求項 1 8）の画像生成装置の構成例を示したブロック図

##### 【図 6】

図 1 ～図 5 を統合した画像生成装置を示したブロック図

【図 7】

車両へのカメラの取り付け例を示した概念図

【図 8】

カメラで撮影された画像を含む平面に設定した U-V 座標系の点と、3 次元空間座標系の点との対応づけの関係を表した概念図

【図 9】

カメラパラメータテーブル 103 に格納されているデータを表形式で示した図

【図 10】

温度補正テーブル 111 の例を表形式で示した図

【図 11】

度補正テーブルを用いて書き換えられたカメラパラメータテーブル 103 の例を表形式で示した図

【図 12】

空間データを格納する空間データバッファ 105 の記述例を表の形式で示した図

【図 13】

路面上の特徴点と車両との位置関係を上部からみた概念図

【図 14】

図 13 の車載カメラ 1 で前記特徴点を含む路面を撮影した画像を表す概念図

【図 15】

図 13 の車載カメラ 2 で前記特徴点を含む路面を撮影した画像を表す概念

図

【図 1 6】

路面上の特徴点 A, B, C と車両との位置関係を上部から見た概念図

【図 1 7】

図 1 6 の車載カメラ 1 で前記特徴点 A, B を含む路面を撮影した画像を表す概念図

【図 1 8】

図 1 6 の車載カメラ 2 で前記特徴点 B, C を含む路面を撮影した画像を表す概念図

【図 1 9】

図 1 6 の車載カメラ 1 および車載カメラ 2 で撮影した画像を用い、本発明による視点変換手段 1 0 6 によって仮想カメラから見た画像を合成した様子を表す概念図

【図 2 0】

(A) 仮想カメラの設置場所の例として、車両のほぼ中心の上方にカメラを下向きに設置した場合を示した概念図

(B) 仮想カメラの設置場所の例として、車両のほぼ前方斜め上方にカメラを車の方へ向けて設置した場合を示した概念図

(C) 上記 (B) の場合の合成画像の例を示す概念図

【図 2 1】

(a) 特徴点生成手段 1 0 9 としてのパターン光照射装置を車体側面上部に取付けた様子を示す概念図

(b) パターン光照射装置を車体上部に数箇所取り付けて、路面にパター

ン光を照射した状態を車両上部から見た様子を示す概念図

(c) 路面に照射された長方形のパターン光をカメラから撮影した様子を示す概念図

【図 2 2】

キャリブレーション手段102 において、温度によってカメラパラメータテーブル103 の更新処理を行う手順を示すフローチャート

【図 2 3】

空間データ変換手段114 における処理の手順を示すフローチャート

【図 2 4】

空間データ変換手段114 の説明の補助に用いる概念図

【図 2 5】

補正履歴の記録を確認し、必要に応じて補正指示を出す処理の手順を示すフローチャート

【図 2 6】

本発明による画像生成装置の全体の処理の流れを示すフローチャート

【図 2 7】

(a) 本発明(請求項 3 4)の画像生成装置の基本構成例を示したブロック図

(b) 本発明(請求項 3 7)の画像生成装置の構成例を示したブロック図

【図 2 8】

(a) ～ (d) 空間モデルを鳥瞰図的に示した概念図

【図 2 9】

カメラで撮影された画像を含む平面に設定したU-V座標系の点と、3次

元空間座標系の点との対応づけの関係を表した概念図

【図 3 0】

マッピング手段 1 0 4 A におけるマッピング処理の手順を示すフローチャート

【図 3 1】

車両と該車両の周囲に存在する障害物との距離に基づいて、3次元空間内についたて面を立てる方法を示す概念図

【図 3 2】

本発明による画像生成装置の全体の処理の流れを示すフローチャート

【図 3 3】

(a) 本発明(請求項 3 9)の車両周囲監視装置の構成例を示したブロック図

(b) 本発明(請求項 4 1)の車両周囲監視装置の構成例を示したブロック図

(c) 本発明(請求項 4 4)の車両周囲監視装置の構成例を示したブロック図

【図 3 4】

(a) 本発明による空間モデルを鳥瞰図的に示した概念図

(b) 本発明による空間モデルを車両の上方から下向きに透視投影した概念図 【図 3 5】

(a) ~ (d) 本発明による路面特徴検出手段 1 0 3 B で特徴点を抽出する処理の例を示す図

【図 3 6】



特徴点の抽出処理の流れを示すフローチャート

【図 3 7】

本発明（請求項 4 1）の車両周囲監視装置において、車両の動きにともな  
って特徴点の位置計算を行う処理の手順を示すフローチャート

【図 3 8】

特徴位置計算手段における処理を示す図

【図 3 9】

特徴修正処理を表示手段 1 0 7 Bに表示している様子を示した概念図

【図 4 0】

特徴修正処理における処理の流れを示すフローチャート

【図 4 1】

本発明による車両周囲監視装置の全体の処理の流れを示すフローチャート

【図 4 2】

本発明（請求項 4 5）に係る画像生成装置の構成例を示したブロック図

【図 4 3】

（a）車両への車載カメラの設置例を示した概念図

（b）それぞれの車載カメラ画像のモニタへの表示領域を示した概念図

【図 4 4】

車両を中心とする 3 次元空間座標系を示した概念図

【図 4 5】

カメラパラメータテーブル 1 0 2 Cに格納されているデータを表形式で示し  
た図 【図 4 6】

視点パラメータテーブルに格納されているデータを表形式で示した図

**【図 4 7】**

カメラで撮影された画像を含む平面に設定したU-V座標系の点と、3次元空間座標系の点との対応づけの関係を表した概念図

**【図 4 8】**

カメラパラメータ修正手段106Cによってカメラパラメータを修正するための操作部の構成例を示した概念図

**【図 4 9】**

本発明に係る画像生成装置に関連する技術の一構成例を示したブロック図

**【図 5 0】**

マッピングテーブル108Cを表形式で示した概念図

**【図 5 1】**

カメラパラメータの修正処理の流れを示すフローチャート

**【図 5 2】**

(a), (b) カメラパラメータ修正時の表示画面例を示す概念図

**【図 5 3】**

(a), (b) カメラパラメータ修正時以外（すなわち通常時）の表示画面を示す概念図

**【図 5 4】**

本発明（請求項51）に係る画像生成装置の基本構成例を示したブロック図

**【図 5 5】**

本発明（請求項54）に係る画像生成装置の基本構成例を示したブロック図

**【図 5 6】**

点光源を用いてガイドデータを生成する場合を示す概念図

**【図 5 7】**

車体の線分を用いてガイドデータを生成する場合を示す概念図

**【図 5 8】**

点光源を用いたガイドデータを利用してキャリブレーションを行う様子を示す概念図

**【図 5 9】**

線分を用いたガイドデータを利用してキャリブレーションを行う様子を示す概念図

**【図 6 0】**

本発明（請求項 5 5）の画像生成装置の構成例を示したブロック図

**【図 6 1】**

視点パラメータテーブル 1 0 8 D に格納されているデータを表形式で示した図

**【図 6 2】**

車載カメラからの画像を仮想視点からの画像に変換する様子を示した概念図

**【図 6 3】**

視点パラメータ修正手段 1 0 6 D によって視点パラメータを修正するための操作部の構成例を示した概念図

**【図 6 4】**

本発明の画像生成装置に関連する技術の一構成例を示したブロック図

## 【図 6 5】

(a) 本発明の画像生成装置に関連する技術の一構成例を示したブロック図

(b) 視点パラメータ修正前の車載カメラ合成画像例を示す概念図

(c) 視点パラメータ修正後の車載カメラ合成画像例を示す概念図

## 【図 6 6】

(a) ~ (c) マッピングテーブル 1 0 9 D の変更方法を示す概念図

## 【図 6 7】

視点パラメータの修正処理の流れを示すフローチャート

## 【図 6 8】

(a) ~ (c) 視点パラメータの修正処理を示す概念図

## 【図 6 9】

従来の画像生成装置の構成例を示したブロック図

## 【図 7 0】

従来の車両周囲監視装置の構成例を示したブロック図

## 【符号の説明】

- 1 0 1 カメラ
- 1 0 2 キャリブレーション手段
- 1 0 3 カメラパラメータテーブル
- 1 0 4 空間再構成手段
- 1 0 5 空間データバッファ
- 1 0 6 視点変換手段
- 1 0 7 表示手段

- 1 0 8 特徴点抽出手段
- 1 0 9 特徴点生成手段
- 1 1 0 温度センサ
- 1 1 1 温度補正テーブル
- 1 1 2 移動方向検出手段
- 1 1 3 移動距離検出手段
- 1 1 4 空間データ変換手段
- 1 1 5 補正履歴記録手段
- 1 1 6 カメラ補正指示手段
- 1 0 1 A カメラ
- 1 0 2 A カメラパラメータテーブル
- 1 0 3 A 空間モデル作成手段
- 1 0 4 A マッピング手段
- 1 0 5 A 視点変換手段
- 1 0 6 A 表示手段
- 1 0 7 A 距離センサ
- 1 0 8 A 障害物検知手段
- 1 0 1 B カメラ
- 1 0 2 B カメラパラメータテーブル
- 1 0 3 B 路面特徴検出手段
- 1 0 4 B 空間モデル作成手段
- 1 0 5 B マッピング手段
- 1 0 6 B 視点変換手段

- 1 0 7 B 表示手段
- 1 0 8 B 移動距離検出手段
- 1 0 9 B 移動方向検出手段
- 1 1 0 B 特徴修正手段
- 1 0 1 C カメラ
- 1 0 2 C カメラパラメータテーブル
- 1 0 3 C 空間モデル
- 1 0 4 C マッピング手段
- 1 0 5 C 視点変換手段
- 1 0 6 C カメラパラメータ修正手段
- 1 0 7 C 表示手段
- 1 0 8 C マッピングテーブル
- 9 0 1 C カメラ選択ボタン
- 9 0 2 C 平行移動ボタン
- 9 0 3 C ジョイスティック
- 9 0 4 C ズームボタン
- 1 0 1 D カメラ
- 1 0 2 D カメラパラメータテーブル
- 1 0 3 D 空間モデル
- 1 0 4 D マッピング手段
- 1 0 5 D 視点変換手段
- 1 0 6 D 視点パラメータ修正手段
- 1 0 7 D 表示手段

- 1 0 8 D 視点パラメータテーブル
- 1 0 9 D マッピングテーブル
- 1 1 0 D マッピングテーブル修正手段
- 1 1 1 D バッファ
- 1 0 0 1 D カメラ選択ボタン
- 1 0 0 2 D 平行移動ボタン
- 1 0 0 3 D ジョイスティック
- 1 0 0 4 D ズームボタン

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の基本的構成は、一台もしくは複数台のカメラと、前記カメラの特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、前記カメラパラメータに基づいて、前記カメラからの入力画像を3次元空間の空間モデルにマッピングして空間データを作成する空間再構成手段と、前記空間再構成手段にて作成された空間データを一時的に格納する空間データバッファと、前記空間データを参照して、任意の視点から見た画像を作成する視点変換手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする。

本発明による画像生成装置の第1の応用構成は、カメラ特性を示すカメラパラメータを、入力もしくは計算によって得るキャリブレーション手段を備えたことを特徴とする。

本発明による画像生成装置の第2の応用構成は、カメラ視野内に3次元座標の同定が可能な複数個の点を生成する特徴点生成手段と、それらの特徴点

を抽出する特徴点抽出手段とを備えたことを特徴とする。

本発明による画像生成装置の第3の応用構成は、温度センサ、温度補正テーブルを備えたことを特徴とする。

本発明による画像生成装置の第4の応用構成は、車両の移動方向を検出する移動方向検出手段と、車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出手段と、車両の移動方向および移動距離を用いて、前記空間データバッファに格納された空間データを変換する空間データ変換手段とを備えたことを特徴とする。

本発明による画像生成装置の第5の応用構成は、カメラのキャリブレーションが必要な状況を検知した場合に運転者にカメラキャリブレーションの指示を行うカメラ補正指示手段と、カメラキャリブレーションを行った日時および走行距離を記録する補正履歴記録手段とを備えたことを特徴とする。

また、本発明の画像生成方法は、カメラ特性を示すカメラパラメータに基づいてカメラからの入力画像を構成する各々の画素を3次元空間の点に対応づけた空間データを作成する空間再構成工程と、前記空間データを参照して任意の視点から見た画像を作成する視点変換工程とを包含することを特徴とする。

本発明による画像生成方法の第1の応用構成は、前記カメラ特性を示すカメラパラメータを入力もしくは計算によって獲得し、また必要であれば温度に応じて前記カメラパラメータを補正するキャリブレーション工程を包含することを特徴とする。

本発明による画像生成方法の第2の応用構成は、前記キャリブレーション手段で前記カメラパラメータの計算に必要な複数個の特徴点を抽出する特徴



点抽出工程を包含することを特徴とする。

本発明による画像生成方法の第3の応用構成は、カメラ視野内に3次元座標の同定が可能な複数個の点を生成する特徴点生成工程を包含することを特徴とする。

本発明による画像生成方法の第4の応用構成は、車両の移動方向を検出する移動方向検出工程と、車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出工程と、前記移動方向検出工程によって検出された車両の移動方向、および移動距離検出工程によって検出された車両の移動距離を用いて、前記空間データを変換する空間データ変換工程とを包含することを特徴とする。

本発明による画像生成方法の第5の応用構成は、カメラのキャリブレーションが必要な状況を検知し、キャリブレーションが必要である場合に、運転者にカメラキャリブレーションの指示を行うカメラ補正指示工程と、カメラキャリブレーションを行った日時および走行距離を記録する補正履歴記録工程とを包含することを特徴とする。

本発明（請求項1の一例）の画像生成装置では、以下の3ステップからなる手順によって、複数台設置されているそれぞれのカメラ視野を統合し、一枚の画像として合成する。

1. 空間再構成手段において、カメラから得られた画像を構成する各々の画素と、3次元座標系の点との対応関係を計算し、空間データを作成する。前記計算は各々のカメラから得られた画像のすべての画素に対して実施する。

2. 視点変換手段において、所望の視点を指定する。すなわち、前記3次元座標系の、どの位置から、どの角度で、どれだけの倍率で、画像を見たいかを指定する。

3. 同じく視点変換手段において、前記視点からの画像を、前記空間データから再現し、表示手段にて表示する。

請求項8、請求項9および請求項12に記載の発明を組み合わせた画像生成装置の一例では、特徴点生成手段によって車体の周囲などに3次元座標の同定が可能な複数個の点を生成し、それらの特徴点を特徴点抽出手段で抽出することにより、各々のカメラについて、その特性を示すカメラパラメータを自動で得る。

本発明（請求項14の一例）の画像生成装置では、温度センサ、温度補正テーブルを設置することにより、気温上昇・下降にともなって微妙に変化するレンズ歪みを補正し、レンズを常に最適に保つ。

また、本発明（請求項17の一例）の画像生成装置では、画像生成装置の車両への応用例として、カメラから死角となる部分の画像を見る方法を提供する。すなわち車両の移動方向および移動距離を検出し、検出結果から導かれた計算式を用いて、以前に取得した画像を現在の位置から見た画像に変換する。具体的には、以前に見えていたが現在見えていない場所についての空間データは、前記場所を撮影した画像が空間データとして空間データバッファに格納されている場合、その空間データを空間データ変換手段で変換することによって補われる。

また、本発明（請求項18の一例）の画像生成装置では、画像生成装置の車両への応用例として、カメラの特性を示すカメラパラメータの補正、すなわちカメラキャリブレーションを実施しなければならない状況を検知し、その旨を運転者に指示する。

以下、図を用いて本発明の一実施例を説明する。なお本実施例においては

、車両の周囲を監視するカメラを設置し、前記カメラで獲得した画像を運転席近くに設置したモニターテレビに表示させる画像生成装置を対象として説明する。

図1は本発明（請求項1）の画像生成装置の基本構成の一例を示したブロック図である。

本発明による画像生成装置は、基本構成例として、監視対象領域の状況を把握するために取付けられた複数台のカメラ101、前記カメラの特性を示すカメラパラメータを格納しておくカメラパラメータテーブル103、カメラパラメータに基づいて、前記カメラからの入力画像を3次元空間の空間モデルにマッピングした空間データを作成する空間再構成手段104、空間再構成手段104にて作成された空間データを一時的に格納する空間データバッファ105、空間データを参照して、任意の視点から見た画像を作成する視点変換手段106、視点変換手段106にて変換された画像を表示する表示手段107からなる。

図2は請求項8、請求項9および請求項12に記載の本発明を組み合わせた画像生成装置の構成の一例を示したブロック図である。

図2の例では、図1に示した画像生成装置に対して、さらに、カメラの取り付け位置、カメラの取り付け角度、カメラのレンズ歪み補正值、カメラのレンズの焦点距離などといった、前記カメラ特性を表すカメラパラメータを、入力もしくは計算によって得るキャリブレーション手段102、前記カメラの視野内に3次元座標の同定が可能な複数個の点を生成する特徴点生成手段109とそれらの特徴点を抽出する特徴点抽出手段108とを付加し、各々のカメラについて、その特性を示すカメラパラメータを容易に得ることを可能と

している。

特徴点生成手段109 および特徴点抽出手段108の振る舞いによってカメラパラメータを得るための方法についての詳細は後述する。

図3は本発明（請求項14の一例）の画像生成装置の構成例を示したブロック図である。図3の例では、図1に示した画像生成装置に対して、更に温度センサ110、温度補正テーブル111を設置することにより、気温上昇・下降にともなって微妙に変化するレンズ歪みを補正し、レンズを常に最適に保つことが可能となる。キャリブレーション手段102において温度によるレンズ歪みの補正を行う方法についての詳細は後述する。

図4は本発明（請求項17の一例）の画像生成装置の構成例を示したブロック図である。図4は車両への応用例としての画像生成装置の構成例で、図1に示した画像生成装置に対して、さらに車両の移動方向を検出する移動方向検出手段112と、車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出手段113と、車両の移動方向および移動距離を用いて、前記空間データバッファ105に格納された空間データを変換する空間データ変換手段114とを付加している。

これらの手段を用いることにより、現在見えていない場所について、以前に見えており、かつ、その見えていた画像が空間データとして空間データバッファ105に格納されていれば、その空間データを本発明を構成する空間データ変換手段114で変換することによって補うことができる。補うための方法についての詳細は後述する。

図5は本発明（請求項18の一例）の車両への応用例としての画像生成装置で、その構成例を示したブロック図である。

図5の画像生成装置の例では、図1に示した画像生成装置に対して、さらにカメラのキャリブレーションが必要な状況を検知した場合に、運転者にカメラキャリブレーションの指示を行うカメラ補正指示手段116と、カメラキャリブレーションを行った日時および走行距離を記録する補正履歴記録手段115を付加している。これらの手段を用いることにより、カメラの特性を示すカメラパラメータの補正、すなわちカメラキャリブレーションを実施しなければならない状況を検知し、その旨を運転者に提示する。

図6は、図1～図5を統合した画像生成装置を示したブロック図であり、図1から図5の画像生成装置を一つにまとめた場合の構成例で、それぞれの構成で得られる効果を統合して利用することが可能である。本実施例の最後で、本図6の構成例を用いて、本発明による画像生成装置の動作例を示す。

次に、本発明を構成する各構成要素についての詳細を説明する。

カメラは、車両の周囲の状況など、監視すべき空間の画像を撮り込むテレビカメラである。このカメラは、大きな視野を得ることができるよう、通常、画角が大きいものを使うのが良い。図7は、車両へのカメラの取り付け例を示した概念図である。

図7では、車両の屋根に、車両から周囲を見渡すようにカメラが6台設置されている例を示している。図7の例のように、車両への取り付け位置としては、車体屋根と側面もしくは屋根と後面の境界部分にすると、視野が広くなりカメラの台数も少数で済む。

本発明によるキャリブレーション手段102は、カメラキャリブレーションを行う。カメラキャリブレーションとは、3次元実世界に配置されたカメラについての、その3次元実世界における、カメラの取り付け位置、カメラの

取り付け角度、カメラのレンズ歪み補正值、カメラのレンズの焦点距離などといった、前記カメラ特性を表すカメラパラメータを決定、補正することである。

本発明によるカメラパラメータテーブル103 は、キャリブレーション手段102（処理の詳細は後述）によって得られたカメラパラメータを格納するテーブルである。

まず該カメラパラメータテーブル103 の詳細な説明の準備として、3次元空間座標系を定義する。前出の図7は、車両にカメラを設置した様子を示した概念図であるが、図7において車両を中心とする3次元空間座標系を示している。図7の例では3次元空間座標系の例として、

- ・ 車両の後面直下にある後面に平行な路面上の直線をX軸
- ・ 車両の後面中央に路面から垂直に伸びる軸をY軸
- ・ 車両の後面中央を通り後面に垂直な路面上の直線をZ軸

とする3次元空間座標系を定義し、また本座標系においてカメラの向きは、

- ・ Y-Z平面に対してなす角度を $\alpha$
- ・ X-Z平面に対してなす角度を $\beta$

として、該 $\alpha$ 、 $\beta$ を用いて表すものとする。以下、特にことわりがない限り、3次元空間座標系もしくはワールド座標系もしくは単に3次元空間は、本定義による3次元空間座標系を指すものとする。

図9は、カメラパラメータテーブル103 に格納されているデータを表形式で示したものである。図9に記載されている内容は、テーブルの左側の列から順に以下の通りで、下記のごとく本テーブルでは、2列目から9列目までの項目がカメラパラメータの例を示している。

- 1 列目：図 7 の車載カメラの番号
- 2 列目：3 次元空間座標系におけるカメラ位置の X 座標
- 3 列目：3 次元空間座標系におけるカメラ位置の Y 座標
- 4 列目：3 次元空間座標系におけるカメラ位置の Z 座標
- 5 列目：カメラの向きのうち Y-Z 平面に対してなす角度  $\alpha$
- 6 列目：カメラの向きのうち X-Z 平面に対してなす角度  $\beta$
- 7 列目：3 次元空間座標系におけるカメラの焦点距離
- 8 列目：レンズの半径方向の歪み係数  $\kappa 1$
- 9 列目：レンズの半径方向の歪み係数  $\kappa 2$

例えば、図 7 におけるカメラ 1 のパラメータは図 9 のカメラパラメータテーブル 103 の 2 行目に記載されており、その内容は、カメラ 1 は、座標 ( $x1$ ,  $y1$ , 0) の位置にあり、向きは Y-Z 平面に対して 45 度、X-Z 平面に対して -30 度の角度をなし、焦点距離は  $f1$ 、レンズ歪み係数  $\kappa 1$ 、 $\kappa 2$  はともに 0 である、ということが分かる。

同様に、仮想カメラのパラメータは図 9 のカメラパラメータテーブル 103 の 8 行目に記載されており、その内容は、仮想カメラとは、座標 (0,  $y1$ , 0) の位置にあり、向きは Y-Z 平面に対して 0 度、X-Z 平面に対して -20 度の角度をなし、焦点距離は  $f$ 、レンズ歪み係数  $\kappa 1$ 、 $\kappa 2$  はともに 0 である、ということが分かる。

この仮想カメラは、本発明に導入される概念である。すなわち従来の画像生成装置では、実際に設置されているカメラから得られた画像のみしか表示できなかったが、本発明による画像生成装置では、後で詳述する空間再構成手段 104、視点変換手段 106 により、仮想のカメラを自由に設置し、その仮

想カメラからの画像を計算によって求めることが可能となる。該計算方法についても後で詳述する。

本発明によるキャリブレーション手段102 は、カメラキャリブレーションを行う。それはすなわち前記カメラパラメータを決定することであり、その決定方法としては、例えばキーボードやマウスなどの入力装置によって全てのデータを人手で直接入力する方法、キャリブレーションデータのいくつかを計算によって求める方法などがある。

カメラパラメータとは、ある基準の座標系におけるカメラの取り付け位置およびカメラの取り付け角度、カメラのレンズ歪み補正值、カメラのレンズの焦点距離などといった、前記カメラ特性を表すパラメータである。カメラで撮影した画像の特徴点と、前記特徴点の前記基準座標系内での位置との対応関係が取れている点の組が多数分かっているならば、前記パラメータを計算によって近似的に求めることが可能となる。つまり、カメラパラメータを計算によって求める場合、カメラで撮影した画像の点と、その点の3次元空間座標系内での位置との対応関係が取れている点の組が、複数個必要となる。その組が最低いくつ必要であるかは、どのような計算方法を用いるかに依存する。例えば図9の例で用いたカメラパラメータを計算によって求める方法に関しては、文献「松山、久野、井宮、”コンピュータビジョン：技術評論と将来展望”、新技術コミュニケーションズ、pp. 37-53、1998年6月」に開示されている。この他にもカメラパラメータを求める技術が、前記文献に多数開示されているので、ここでは該技術に関する説明は省略する。

しかし、いずれの方法でカメラパラメータの計算をする場合においても、前記対応関係の組をどのようにして見つけるかが問題となる。本発明では、



前記対応関係の取れた点の組を自動で作成し、その組を用いて計算によっていくつかのカメラパラメータを求める方法について開示しており、該方法については後述する。

また、前記レンズ歪み係数を用いてカメラ入力画像に対してレンズ歪み補正を行う場合、通常、多くの計算が必要になり、実時間処理には向かない。

そこで、レンズの歪みの変化は、激しい温度変化がない限りは起こらないと仮定し、歪み補正前の画像と、歪み補正後の画像で、それぞれの画素の座標値の対応関係をあらかじめ計算しておく。そして前記計算結果をテーブルやマトリクスなどのデータ形式でメモリ内に保持し、それを用いて歪み補正を行うなどの方法が、高速な補正処理として有効である。

温度などによってレンズ歪みがどのように変化するかが予め分かっているならば、そのデータは本発明による温度補正テーブル111などの形式で持っておき、気温の上昇や下降によってレンズ歪みに変化が生じた場合に、キャリブレーション手段102によって前記テーブルのデータを参照して補正する。

図10は本発明による温度補正テーブル111の例を表形式で示した図である。図10に示すように、温度補正テーブル111は、温度に応じて変化する前記カメラパラメータの変化量をデータとして格納するもので、本例では、温度によって、

- ・ レンズの焦点距離 (テーブル2列目)
- ・ レンズ歪み係数 $\kappa_1$  (テーブル3列目)
- ・ レンズ歪み係数 $\kappa_2$  (テーブル4列目)

が変わる度合いのデータを格納した場合を示しており、テーブルの示す具体的な内容は以下の通りである。

- 温度が 0 度以下のとき (テーブル 2 行目)
  - ・ 現在のレンズの焦点距離に  $df1$  を加える。
  - ・ 現在のレンズ歪み係数に  $\kappa 11$  を加える。
  - ・ 現在のレンズ歪み係数に  $\kappa 21$  を加える。
- 温度が 40 度以上のとき (テーブル 3 行目)
  - ・ 現在のレンズの焦点距離に  $df2$  を加える。
  - ・ 現在のレンズ歪み係数に  $\kappa 12$  を加える。
  - ・ 現在のレンズ歪み係数に  $\kappa 22$  を加える。

本発明 (請求項 14 の一例) のキャリブレーション手段 102 では、各カメラ毎に温度センサ 110 の温度値を逐次観測し、必要に応じてカメラパラメータテーブル 103 の内容を更新する。

図 22 は、キャリブレーション手段 102 において、温度によってカメラパラメータテーブル 103 の更新処理を行う手順をフローチャートの形式で示したもので、図 22 を用いてその詳細を説明する。

但し、本例では図 3 に示したごとく、カメラ 1 台について、それに 1 台の温度センサ 110 が対になって付随しており、温度センサ 110 で検知した温度が、カメラのレンズ温度とほぼ等しいということを仮定する。

1. (1301) 未チェックの温度センサ 110 を一つ選択し、温度値を取得する。
2. (1302) 前記温度値がカメラパラメータ補正を必要とするかどうかを確かめる。

図 22 の例では、補正が必要な温度は、0 度以下もしくは 40 度以上である。

3. (1303) もし補正が必要なら、温度補正テーブル 111 からカメラパラメータ補正値を取得し、該温度センサ 110 に付随するカメラのカメラパラ

メータを更新した結果を、カメラパラメータテーブル103 に書き込む。(1304)補正の必要がない場合は、レンズの焦点距離、歪み係数 $\kappa_1$ 、歪み係数 $\kappa_2$ をすべて初期設定値に戻した結果を、カメラパラメータテーブル103 に書き込む。

4. (1305)全ての温度センサ110 について、上記1から3までの処理を終了していれば、カメラパラメータテーブル103 更新処理を終了する。まだ未チェックの温度センサ110 があれば、該温度センサ110 について、上記1から3までの処理を実行する。

図11は、図10の例の温度補正テーブル111 を用いて書き換えられたカメラパラメータテーブル103 の例である。図11の例では、カメラ1、カメラ2のみが、ある時点に直射日光を受けるなどして40度以上の温度となり、それ以外は0度から40度未満の温度値を保っている場合を示している。図11のカメラパラメータテーブル103 から分かる通り、カメラ1およびカメラ2のカメラパラメータが、温度が40度以上の場合の温度補正処理によって、

- ・レンズの焦点距離は  $df1$  増加
- ・レンズ歪み係数 $\kappa_1$ は  $\kappa_{12}$  増加
- ・レンズ歪み係数 $\kappa_2$ は  $\kappa_{22}$  増加

していることが分かる。なお、前述の仮想カメラに関しては、温度によって焦点距離やレンズ歪みが変わらない理想的なレンズとすることが可能であるので、本補正処理の対象外とする。

また本例では、設置されるカメラのレンズがすべて同じ温度補正特性を持つものと仮定した場合を示しているが、実際には異なる特性を持つレンズが

取付けられている場合もある。そのような場合は、カメラごとに独立してテーブルを持っておき、温度補正対象となるカメラに応じてテーブルを使い分ければ良い。

前記カメラのレンズの材料としては、ガラスの他にプラスチックを用いることも出来るが、プラスチックは温度変化に対して変形が激しいのが通常である。しかし、上述したような補正により対応することができる。

本発明による空間再構成手段104 は、キャリブレーション手段102 によって計算されたカメラパラメータに基づいて、前記カメラからの入力画像を構成する各々の画素を3次元空間の点に対応づけた空間データを作成する。すなわち、空間再構成手段104 では、カメラから撮影された画像に含まれる各々の物体が、3次元空間のどこに存在するかを計算し、その計算結果としての空間データを空間データバッファ105 に格納する。

なお、前記カメラからの入力画像を構成するそれぞれの画素のすべてを利用して空間データを構成する必要はない。たとえば入力画像に水平線により上に位置する領域が写っている場合は、その水平線より上の領域に含まれる画素を路面にマッピングする必要はない。あるいは車体を写している画素をマッピングする必要もない。また、入力画像が高解像度な場合などは、数画素毎に飛ばして空間データにマッピングすることにより処理を高速化することも考えられる。

さて、カメラで撮影された画像を構成する各々の画素の位置は、一般的にCCD画像面を含むU-V平面上の座標として表される。従って、入力画像を構成する各々の画素をワールド座標系の点に対応づけるためには、カメラで撮影された画像の存在するU-V平面の点をワールド座標系内の点に対応

づける計算式を求めれば良い。

図8は、カメラで撮影された画像を含む平面(以下、視平面)に設定したU-V座標系の点と、3次元空間座標系の点との対応づける関係の例を表した概念図である。図8の例に従うと該対応づけは以下の手順で行われる。

1. 視平面が  $Z = f$  (カメラの焦点距離) で、該平面上にあるカメラ画像の中心をZ軸が通るような座標系を設定する。これを視平面座標系と呼ぶ( $O_e$ を原点とする)。

2. 図8における点  $P_e$  の視平面座標系での座標を  $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$  とし、その点が視平面に投影されたときの点(この点がカメラ撮影画像の一画素に対応する)の座標を  $P_v(u, v)$  とすると、 $P_e$  と  $P_v$  の関係は、カメラの焦点距離  $f$  を用いて、式(1)式(2)のように表すことが出来る。

式1

$$u = \frac{f}{Z_e} X_e$$

式2

$$v = \frac{f}{Z_e} Y_e$$

前記2つの式により、視平面上に投影された画像の各々の画素について、視平面座標系における座標を決めることができる。

3. 視平面座標系とワールド座標系の位置関係および向き関係を求める。ここでワールド座標系を中心にして、視平面座標系が空間的に以下のような関係にあるとする。

・ 視平面座標系原点  $O_e$  からワールド座標系原点  $O_w$  へのベクトルを  $(t_x, t_y, t_z)$  とする。つまり 2 つの座標系の位置的なずれは、 $(t_x, t_y, t_z)$  だけ平行移動することによって無くなる。

・ 視平面座標系とワールド座標系の向きの関係は、図 7 の例における車両を中心とした座標系(ワールド座標系に対応)と、車載カメラ(視平面座標系に対応)と同じ関係になるようにすると、視平面座標系は、

「ワールド座標系 Y-Z 平面に対してなす角度が  $\alpha$ 」

「ワールド座標系 X-Z 平面に対してなす角度が  $\beta$ 」

とすることができる。但し、ここではカメラのレンズの光軸周りの回転はないものと仮定している。この場合、ある点をワールド座標系で  $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$  で表し、また、視平面座標系  $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$  で表すとする、 $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$ 、 $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ 、 $(t_x, t_y, t_z)$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  の間には式(3)の関係が成り立つ。

式 3

$$\begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & 0 & -\sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & -\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix}$$

以上で、視平面上での画素  $P_v(u, v)$  と、ワールド座標系での座標  $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$  を式(1)式(2)式(3)によって対応づけることが出来た。

前記 3 つの式において未知の変数は、「 $t_x, t_y, t_z, \alpha, \beta, f$ 」の 6 つであるので、視平面上での画素  $P_v(u, v)$  と、ワールド座標系での座標  $P_w(X_w,$

$Y_w, Z_w$ )の対応関係が既知の点の組が最低2組あれば、上記の未知変数は求められる。

しかしながら、対応関係が既知である組のそれぞれの座標の計測には位置ずれを含むことが多く、計算結果には誤差が生じる場合がほとんどである。

そこで通常は、多数の組を計測して作った連立方程式を最小二乗法で解くなどの方法が用いられる。なお、カメラの位置と向きが視平面座標系と一致するので、すでにカメラパラメータが求まっていれば本処理3. を実行する必要はない。

4.  $t_x, t_y, t_z, \alpha, \beta, f$  の値が求まっている式(1)式(2)式(3)を用いて、ワールド座標系のそれぞれの点  $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$  を、視平面の点  $P_v(u, v)$  と対応づける。

上記1～4までの処理を、全てのカメラについて実施すれば、独立した全てのカメラからの画像を、同じ一つの3次元空間内の点として対応づけることが可能となる。

本発明による空間データは、かかる計算式によって対応づけされたデータで、図12は、該空間データを格納する本発明による空間データバッファ105の記述例を表の形式で示したものである。空間データバッファ105には、カメラ画像の点と空間内の点との対応づけデータが格納される。図12の例では1行目を除く各行に一つの空間データが記述されており、それぞれの空間データを構成する情報としての各列に以下の内容を含んでいる。

1列目：ワールド座標系で他の点と区別するための番号(ここでは説明の便宜上Aとした)

2列目：ワールド座標系での点のX座標

3 列目：ワールド座標系での点のY座標

4 列目：ワールド座標系での点のZ座標

5 列目：前記点を含む画像が、どのカメラから撮影したものかを区別する  
フラグ

6 列目：前記画像を含む視平面座標系での点のU座標

7 列目：前記画像を含む視平面座標系での点のV座標

8 列目：前記画像を含む視平面座標系での点の色のR成分(例えば0～255  
5 階調で量子化)

9 列目：前記画像を含む視平面座標系での点の色のG成分(例えば0～255  
5 階調で量子化)

10 列目：前記画像を含む視平面座標系での点の色のB成分(例えば0～255  
5 階調で量子化)

11 列目：該空間データが取得された時刻

以下で空間データの記述内容を例を用いて説明するが、ここで図13～図15を説明の補助として用いる。

図13～図15は、ワールド座標系内の平面としての路面上の特徴点と、車両に設置したカメラで撮影した画像上での特徴点との対応関係を示す図で、図13は、路面上の特徴点A、B、C、D、Eと車両との位置関係を上部からみた概念図、図14は、図15の車載カメラ1で前記特徴点A、B、Cを含む路面を撮影した画像を表す概念図、図15は、図13の車載カメラ2で前記特徴点C、D、Eを含む路面を撮影した画像を表す概念図である。そして、図12の例の空間データバッファ105には、図13～図15に記された5つの特徴点A、B、C、D、Eが空間データの例として記述されている。



まず、図 1 3、図 1 4における特徴点Aに着目する。前述の空間再構成手段104 による対応づけ処理によって、図 1 3のワールド座標系上の点Aと図 1 4の視平面座標系上の点Aが対応づけられているものとする、図 1 2の表の3行目が図 1 3、図 1 4における特徴点Aに相当する空間データの例である。

すなわちワールド座標系上の点Aは、座標(X3, 0, Z2)であり、それをカメラ1から撮影したときには、撮像画像上での点Aの座標は(U1, V1)で色はRGB 順に(80, 80, 80)であり、本データが作成された時刻は t1 である、という意味である。

もし、ワールド座標系の点が、複数台のカメラから観測されたときは、それぞれを独立した空間データとして空間データバッファ105 に格納する。例えば、図 1 3～図 1 5における点Cがその例に相当する。点Cは、図 1 4、図 1 5からも明らかなように、図 1 3における2台のカメラ、すなわち、カメラ1およびカメラ2から観測されている。

そして、カメラ1での観測結果をもとに作成された空間データ、すなわち図 1 2の7行目の空間データは、ワールド座標系上の点Cは、座標(0, 0, Z2)を持ち、点Cをカメラ1から撮影したときには、撮像画像上での点Cの座標は(U3, V3)で色はRGB 順に(140, 140, 140)で、本データが作成された時刻 は t1 である。

一方、カメラ2での観測結果をもとに作成された空間データ、すなわち図 1 2の8行目の空間データは、ワールド座標系上の点Cは、座標(0, 0, Z2)を持ち、点Cをカメラ2から撮影したときには、撮像画像上での点Cの座標は(U4, V4)で色はRGB 順に(150, 150, 150)で、本データが作

成された時刻は  $t_1$  である。

かくのごとく、各カメラで撮影された画像の各々の画素がワールド座標系の点に対応づけ情報が、空間データという形式で空間データバッファ105に格納される。

本発明による視点変換手段106は、空間再構成手段104によって作成された空間データを参照して、任意の視点にカメラを設置して撮影した画像を作成する。その方法の概要は、空間再構成手段104で行った処理の逆の処理を行うことである。すなわち、空間再構成手段104によって形成されたワールド座標系の点  $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$  を、任意の視点にカメラを設置して撮影した画像面  $P_v(u, v)$  に投影する変換を求めることに相当する。

従って、この変換を計算する式は、先に詳述した式(1)式(2)および式(3)の逆変換に相当する式(4)で表すことが可能である。

式4

$$\begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & \sin\beta \\ 0 & -\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix}$$

すなわち  $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$  を入力し前記3つの式によって  $P_v(u, v)$  を計算する。この計算では、カメラのカメラパラメータ「 $t_x, t_y, t_z, \alpha, \beta, f$ 」は任意の所望の値を指定できる。つまりそれは所望の視点に所望の角度でカメラを置くことができることを意味する。この際、前記任意視点にカメラを置いて見たときの画像を投影する画面上で、個々の画素の色をどのように表

現するかが問題となる。

しかしながら、本発明（請求項 5、請求項 6、請求項 7 に対応する）では、3つの場合の色の表現方法を開示している。該方法の内容を、3つの場合に依じて以下に説明する。

(1) 前記視点から見た 3 次元空間内のある点 P が、ただ一つのカメラで撮影した画像と対応づけられている場合：この場合は、設定した視点から点 P を見たときの色は、前記カメラで点 P を見たときの色を用いて決める。最も単純な方法は同じ色で置き換える方法であるが、点 P を観測しているカメラと設定した視点位置・方向との関係から計算によって求めてもよい。

(2) 前記視点から見た 3 次元空間内のある点 P が、複数台のカメラで撮影した画像と対応づけられている場合：この場合は、設定した視点から点 P を見たときの色は、前記複数台のカメラで点 P を見たときの色を用いて何らかの計算をし、得られた結果としての色で決めるものとする。前記計算の方法としてはいくつか考えられるが、例えば、

- ・全ての色を同じ割合で混合する
- ・最も明度の高いもしくは低いもしくは中間の色を取得する
- ・最も再度の高いもしくは低いもしくは中間の色を取得する

などの方法がある。

(3) 前記視点から見た 3 次元空間内のある点 P が、いずれのカメラで撮影した画像とも対応づけられていない場合：この場合は、設定した視点から点 P を見たときの色は、点 P の周囲の点の色を用いて補間した色を計算で求めるか、もしくは、物体が存在しない部分であると識別可能な色、例えば黒に置き換えるなどすればよい。

本発明の最も大きな特徴は、該視点変換手段106 によって、車両に設置されていない仮想のカメラからの画像を自由に再現できることにある。

例えば図16～図19は、ワールド座標系内の路面上の特徴点を車両に設置したカメラで撮影した画像を用いて、適当な視点に仮想カメラを置いたときの画像を合成した例を示した概念図で、図16は、路面上の特徴点A、B、Cと車両との位置関係を上部からみた概念図、図17は、図16の車載カメラ1で前記特徴点A、Bを含む路面を撮影した画像を表す概念図、図18は、図16の車載カメラ2で前記特徴点B、Cを含む路面を撮影した画像を表す概念図、図19は、図16の車載カメラ1および車載カメラ2で撮影した画像を用い、本発明による視点変換手段106 によって仮想カメラから見た画像を合成した様子を表す概念図である。

また図20(a)は、前記仮想カメラの設置場所の例として、車両のほぼ中心の上方にカメラを下向きに設置した場合を示した概念図である。この例のごとく仮想カメラを設置した場合、仮想カメラで撮影された画像は車両の周囲の様子を表すものとなる。あくまで、前記合成画像を構成する画像は、車載カメラによって撮影されたものであるので、図7に示されたような配置の車載カメラ周囲を撮影した場合、どのカメラ画像にも車体の屋根が含まれていない。

しかしながら、前記車体の屋根のように、存在場所や形状、色に関する情報の分かっている物体については、予めそれらの情報をシステムに蓄積しておき、それらの情報を必要に応じて用いれば、より違和感の少ない画像を合成することが可能となる。

なお、図20(b)は仮想カメラを車の前方斜め上方に配置し、そこから

車を見る例を示す斜視図である。このように、仮想カメラは真上に限らず、斜めから車を見るようにすることもできる。図20(c)はその図20(b)を利用して作成した画像の合成図である。斜め上方から見た感じが現れている。

本発明による空間データ変換手段114は、本発明の請求項1に記載の画像生成装置を車両に適用する場合に必要となる手段である。

一般的に車載カメラは、より良い視野を得るために通常車体上部に設置されていることが多い。ところが車体の形状が、例えば車体外部に向って凸面なカーブを形成しているような場合では、このような車体上部に位置するカメラで撮影した画像は、車体のすぐ周囲の路面部分は死角になる場合がほとんどである。

この問題を解決する単純な方法は、車体下部にもカメラを設置することであるが、カメラを追加することによって余分なコストが必要となる。本発明による前記空間データ変換手段114は車体下部などにカメラを追加せずに前記問題を解決する。もっともその解決には、車が移動することが前提である。

図23は、空間データ変換手段114における処理の手順をフローチャートの形式で示したもの、図24は、空間データ変換手段114の説明の補助に用いる概念図である。図24は、ある一定時間の間に車両が移動したとき、前記一定時間の開始時刻(以下 $t_1$ )と終了時刻(以下 $t_2$ )における車両の位置、および向きとの関係を示している。図23および図24を用いてカメラから死角となる部分の画像を合成する手順を説明する。

1. (1401) ある一定時間における車両の移動距離を検出する。本例では移動距離は、時刻 $t_1$ と時刻 $t_2$ のそれぞれの時刻における車両位置の間の直線

距離で定義する。すなわち図 2 4 における O1 と O2 の距離ということになる。

説明の都合上、図 2 4 に記載のように、移動距離を O1 から O2 へのベクトルを  $(t'x, 0, t'z)$  で表す。移動距離の検出方法としては、例えばタイヤの回転数などによって計測する方法が用いられる。

2. (1402) 前記一定時間における車両の移動方向を検出する。本例では移動方向を、時刻  $t1$  における車両の向きに対して時刻  $t2$  における車両の向きがどれだけ変化したかの変化量として定義する。説明の都合上、図 2 4 に記載のように、向きの変化量を Z1 軸と Z2 軸とのなす角度  $\theta$  で表す。移動方向の検出方法としては、例えばハンドルの回転角度などによって計測する方法が用いられる。

3. (1403) 時刻  $t1$  から時刻  $t2$  に至る間の車両の移動距離および移動方向を用いて、 $t1$  において取得した空間データを  $t2$  における空間データに変換する式 (5) を作成する。但し式 (5) では時刻  $t1$  から時刻  $t2$  に至る間の車両移動においては、完全に垂直成分の変化がないもの、つまり路面が平坦であることを仮定している。

式 5

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} t_x \\ 0 \\ t_z \end{pmatrix}$$

式 (5) において、 $x_1, y_1, z_1$  は、時刻  $t1$  において車体を中心にした X1-Y1-Z1 ワールド座標系 (原点 O1) におけるある点の座標で、 $x_2, y_2, z_2$  は、

前記点の時刻 $t_2$ において車体を中心にした $X_2$ - $Y_2$ - $Z_2$ ワールド座標系(原点 $O_2$ )における座標を表す。つまり  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$  を式(5)の右辺に代入して計算した結果が  $x_2$ ,  $y_2$ ,  $z_2$  となる。

4. (1404)式(5)を用いて、時刻 $t_1$ において合成した空間データを、時刻 $t_2$ における空間データに変換する。作成した後の空間データについては、どのカメラから見たかについての情報は必要ないので、図12の表において、5から7列目のデータは空白にしておいてよい。すなわち、時刻 $t_1$ における空間データのうち、上記計算で書き換えられるのは図12の表において1から4列目のみで、8から11列目のデータはそのまま利用する。

ここで問題となるのは、かくのごとく現在時間の空間データに過去の空間データを加えていくと、限りある空間データバッファ105のオーバーフローがいつかは生じることである。この問題に対して本発明による空間データバッファ105では、各空間データは該データの作成時刻の情報を持っているので、現在時刻から溯って一定時間以上過去のデータは消去するようにすれば良い。

本発明による特徴点生成手段109は、カメラの視野内に3次元座標の同定が可能な複数個の点を生成する。そして、本発明による特徴点抽出手段108は、前記生成された特徴点を抽出する。図21は、特徴点生成手段109、特徴点および特徴点抽出手段108の実施例を示す概念図である。

図21(a)は、特徴点生成手段109としてのパターン光照射装置を車体側面上部に取付けた実施例で、本例では、ワールド座標系内の平面としての車両の周囲の路面に、長方形のパターンを格子状に照射する場合を示している。

図21(b)は、該パターン光照射装置を車体上部に数箇所取り付けて、路面

に パターン光を照射した状態を車両上部から見た例である。

図 2 1 (c) はかくのごとく方法で路面に照射された長方形のパターン光をカメラから撮影した様子を示した例である。特徴点は、パターン光照射で作成された長方形の角や中心などの特徴を表すいくつかの点を用いれば良い。

図 2 1 (c) では、PI-1 から PI-8 が特徴点の例である。前記特徴点はワールド座標系における座標が既知であると設定することが可能である。またこれらの特徴点は、視平面座標系での座標位置も既知で、ワールド座標系と視平面座標系での対応関係が取れている。従って前述の式(1)式(2)および式(3)を用いれば、本 発明によるキャリブレーション手段102 によってカメラパラメータ  $t_x, t_y, t_z, \alpha, \beta, f$  を計算することが可能となる。

本発明による補正指示手段は、本発明の請求項 1 に記載の画像生成装置を車両に適用する場合に必要な手段で、該補正指示手段では、カメラのキャリブレーションが必要な状況を検知し、キャリブレーションが必要である場合に、運転者にカメラキャリブレーションを指示する。また本発明による補正履歴記録手段115 では、キャリブレーションが必要な状況を検知するために必要なデータとして、カメラキャリブレーションを行った日時および走行距離を記録する。

図 2 5 は、補正履歴の記録を確認し、必要に応じて補正指示を出す処理の手順をフローチャートの形式で示したものである。

1. (1601) 前回カメラのキャリブレーションを行った日時から、現在までの経過時間までを計算する。

2. (1602) あらかじめ設定しておいた所定の時間に対して、前記経過時間の方が大きければ、(1605) カメラ補正指示手段116 にてカメラキャリブレーション



ションを実施するように運転者に指示し、処理を終了する。但し、前記指示によって運転者がカメラキャリブレーションを実施したら、補正履歴の記録を更新しておく。前記所定の時間に対して、前記経過時間の方が小さければ、次の処理3に進む。

3. (1603)前回カメラのキャリブレーションを行った時から現在までの総走行距離を計算する。

4. (1604)あらかじめ設定しておいた所定の距離に対して、前記走行距離の方が大きければ、(1605)カメラ補正指示手段116にてカメラキャリブレーションを実施するように運転者に指示し、処理を終了する。但し、前記指示によって運転者がカメラキャリブレーションを実施したら、補正履歴の記録を更新しておく。前記所定の距離に対して、前記走行距離の方が小さければ、カメラキャリブレーションに関する指示は、運転者に出さず、処理を終了する。

以上、本発明による画像生成装置を構成するそれぞれの手段の実施例を説明した。次に、本発明による画像生成装置の全体の処理の流れについて説明する。

図26は、本発明による画像生成装置を車両に適用した場合の全体の処理の流れをフローチャートの形式で示したものである。なお画像生成装置の構成例としては図6の構成を想定する。

1. (1701) 本装置を正常に動作させるために、必要であれば最初にカメラキャリブレーションを実施し、補正履歴の記録を更新しておく。カメラキャリブレーションでは、カメラパラメータを手で入力するか、または本発明による特徴点生成手段109で特徴点を車体周囲に生成し、前記特徴点を特

微点抽出手段108 にて抽出した結果を用いてキャリブレーション手段102 にてカメラパラメータを計算しても良い。

2. (1702) 各カメラ毎に温度センサ110 の温度値を逐次観測し、必要に応じてカメラパラメータテーブル103 の内容を更新する。

3. (1703) 補正履歴の記録を確認し、必要に応じて補正指示を出す。もし補正が行われたら、補正履歴の記録を更新する。

4. (1704) すでに空間データが空間データバッファ105 に蓄積されていれば、空間データ変換手段114 にて、車両の移動距離、移動方向に応じて前記空間データを変換する。空間データバッファ105 が空白であれば、本処理は省略する。

5. (1705) 車載カメラで車両周囲の画像を撮影する。

6. (1706) 空間再構成手段104 によって5. で撮影された画像を構成する各々の画素をワールド座標系の点に対応づけた空間データを作成する。3の空間データ変換手段114 で変換された空間データで、ワールド座標系での座標が一致する空間データがすでに存在している場合は、前記変換された空間データは破棄する。つまりワールド座標系におけるある点の空間データは、カメラから一番最近に撮影されたデータのみを保持し、それより過去のデータ、もしくは時間がある程度経過したデータは消去するようにする。

7. (1707) 6. の空間再構成手段104 によって作成された空間データを参照して、所望の視点にカメラを設置して撮影した画像を作成する。この場合、視点位置は、合成画像が運転補助に適したものである場所に固定していることが望ましく、例えば図20の例のように車体上方で車両周囲が見渡せるカメラ位置などが良い。

8. (1708) 7. の処理で合成された画像を表示する。

9. (1709) 上記 2. ～ 8. の処理を必要がなくなるまで繰り返す。例えば運転者が車両を駐車スペースに入れようとしている時は、前記 2. ～ 8. の処理を繰り返し、駐車が完了すれば本処理を終了すればよい。

さて、車の周囲の障害物などの物体のワールド座標系の 3 次元位置が、正確に計測できれば、その物体に合わせて空間モデルを生成すればよいが、現実的には通常は、無理である。

つまり、画像生成装置などのように簡易性を要求されるシステムでは、すべての物体の 3 次元位置・形状を正確に求めることは困難であり、また、運転の補助としての画像を合成するという観点では、任意の仮想視点における画像を正確無比に再現しなければならないというわけではなく、運転者に分かり易い画像であれば、多少クオリティが落ちても大きな問題にはなりにくい。

そこで本発明（請求項 3 の一例）では、物体の 3 次元情報は失われるものの、高速に画像を合成でき、かつ合成した画像のクオリティをある程度保つことが可能な、入力画像を構成する各々の画素と 3 次元空間の点の対応づけ方法を開示する。

該方法は、キャリブレーション手段 102 によって取り付け位置、取り付け角度が既に知られているカメラから得られた画像を、3 次元空間の一部をなす平面の例として路面に投影するものである。すなわち、画像に含まれる各々の物体は、すべて 3 次元空間座標系（以下ワールド座標系と呼ぶこともある）の  $X-Z$  平面に貼り付いており、 $Y$  軸方向成分を持つ物体が存在しないと仮定し、視平面上の画像をワールド座標系の路面に投影する。

この場合、本装置のこれまでの実施例の説明内容に対して変更する部分は、空間再構成手段104 で用いる式(3)を式(6)に置き換え、また、視点変換手段106 で用いる式(4)を式(7)に置き換えるだけでよい。

式6

$$\begin{pmatrix} X_w \\ 0 \\ Z_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & 0 & -\sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & -\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix}$$

式7

$$\begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & \sin\beta \\ 0 & -\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_w \\ 0 \\ Z_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix}$$

また、本実施例ではカメラを車両に取り付け、車両周囲を監視する装置について説明をしたが、限られた台数のカメラからの画像を用いて任意の視点からの画像を合成するという本技術は、車載カメラに限定するものではない。

例えば、店舗などにおいて多数の監視カメラを設置しておき、それらのカメラ画像を用いて、真上から見た画像を合成することなども可能であり、幅広い用途が期待できる。

なお、上述したキャリブレーション手段を遠隔地にある管理センターにおいておき、通信手段によって、それを利用する方法も可能である。

本発明の方法、及び装置はそのような遠隔地にその機能の一部を実現して

おくことももちろん可能である。

あるいはさらに、キャリブレーションを行った結果のデータをフロッピー、DVD等を利用して運んで利用することも、本発明の実施例である。

また、マッピングされた空間データを格納するバッファなどは、そのまま空間データを処理する場合は特に必要ない。

なお、通常は、仮想視点は管理者や運転者などの人手によって指定するのではなく、監視や運転の補助として役立つ画像が得られる視点位置のうちの一つを選び、そこからの画像を表示させるようしておく。それによって仮想視点位置の移動操作をしなくてもよいので、利用者の作業負担のさらなる軽減が期待できる。

以上のように本発明によれば、限られた台数のカメラからの画像を用いて任意の視点からの画像が合成できる。

本発明の画像生成装置（請求項 8、請求項 9 および請求項 12 に記載の発明を合わせた例）では、各々のカメラについて、その特性を示すカメラパラメータを容易に得ることが可能となる。もし、例えば激しい悪路を走行したことによってカメラの位置などが若干ずれた場合でも、本発明により、カメラの位置の補正は容易に可能となる。

本発明の画像生成装置（請求項 14 の一例）では、温度センサ、温度補正テーブルを設置することにより、気温上昇・下降にともなって微妙に変化するレンズ歪みを補正し、レンズを常に最適に保つことが可能となる。例えば、温度上昇によって微妙に膨張したレンズに対しては、その膨張によって変わるレンズ歪み係数を最適に制御する補正值を温度補正テーブルから得て、それに基づいてレンズ歪みパラメータを変更すればよい。かかる方法によっ

て、本発明ではどのような気温でも歪みのない画像を得ることが可能となる。

本発明の画像生成装置（請求項 17 の一例）では、カメラから死角となる部分の画像を見る方法を提供する。例えば、カメラが車体の上部に取付けてあり、前記カメラの取り付け位置下方の車体の形状が車体外部に向って凸面である場合、カメラ直下の画像を見ることは物理的に不可能である。しかし、本発明では、車両の移動方向および移動距離によって、以前に取得した画像を現在の位置から見た画像に変換することが可能である。

本発明の画像生成装置（請求項 18 の一例）では、カメラの特性を示すカメラパラメータの補正、すなわちカメラキャリブレーションを実施しなければならない状況を検知し、その旨を運転者に提示することが可能である。これにより運転者がカメラパラメータの補正を長期間し忘れることを防ぐ効果が得られる。

次に、別の本発明の一実施例を説明する。図 27、図 28 は、本発明（請求項 35、請求項 37）の一例を示す。

図 27（a）に示すように、本発明による画像生成装置は、基本構成の一例として、車両周囲の状況を把握するために取付けられた複数台のカメラ 101A、前記カメラの特性を示すカメラパラメータを格納しておくカメラパラメータテーブル 102A、車両を基準とした座標系に空間モデルを作成する空間モデル作成手段 103A、前記カメラより入力された画像を前記空間モデルにマッピングするマッピング手段 104A、視点を設定し、前記視点から見た一枚の画像を、前記マッピング手段 104A にて作成されたデータから合成する視点変換手段 105A、前記視点変換手段 105A にて変換された画像を表示する表示手段 106A からなる構成を有する。

図 2 7 (b) は本発明の画像生成装置の構成例を示したブロック図である。図 2 7 (b) の例では、図 2 7 (a) に示した画像生成装置に対して、さらに、車両周囲の状況として、少なくとも車両周囲に存在する障害物までの距離を計測する障害物検知手段 108A を付加した構成となっている。

次に、本発明を構成する各構成要素についての詳細を説明する。

カメラは、車両の周囲の状況など、監視すべき空間の画像を撮り込むテレビカメラである。その詳細は、上記図 7 で詳しく説明した。

本発明によるカメラパラメータテーブル 102A は、カメラパラメータを格納するテーブルである（上述したカメラパラメータテーブル 103 と同様である）。

カメラパラメータテーブル 102A に格納されているデータは上述した図 9 と同じである。

本発明では、視点変換手段 105A で設定した所望の視点に仮想のカメラを設置したと仮定し、その仮想カメラからの画像を計算によって求めることが可能である。該計算方法については後で詳述する。

また、前記レンズ歪み係数を用いてカメラ入力画像に対してレンズ歪み補正を行う場合、通常、多くの計算が必要になり、実時間処理には向かない。

そこで、レンズ歪みは、画像合成時に問題が生じるほどの変化は起こらないと仮定し、歪み補正前の画像と、歪み補正後の画像で、それぞれの画素の座標値の対応関係を予め計算しておく。そして前記計算結果をテーブルやマトリクスなどのデータ形式でメモリ内に保持し、それを用いて歪み補正を行うなどの方法が、高速な補正処理として有効である。

本発明による空間モデル作成手段 103A は、たとえば、車両を基準とした座標系に空間モデルを作成する。空間モデルとは、後述するマッピング手段 10

4Aにおいて、カメラからの画像を3次元空間座標系にマッピングする平面もしくは曲面もしくは平面および曲面からなるモデルである。図28(a)～(c)は、本発明による空間モデルを鳥瞰図的に示した概念図で、それぞれ、図28(a)および図28(d)は平面のみで構成された空間モデルの例、図28(b)は曲面のみで構成された空間モデルの例、図28(c)は平面および曲面で構成された空間モデルの例、を表している。

図28(a)の空間モデルでは以下に説明するように5つの平面からなる空間モデルを示している。

平面1：路面（すなわち車両のタイヤに接している）としての平面

平面2：車両の前方に立てられた路面（平面1）に垂直な平面

平面3：車両の進行方向に向って左側方に立てられた路面（平面1）に垂直な平面

平面4：車両の後方に立てられた路面（平面1）に垂直な平面

平面5：車両の進行方向に向って右側方に立てられた路面（平面1）に垂直な平面

本空間モデルにおいては、平面2～5は隙間なく立てられ、車載カメラから撮影された画像は、該平面1～平面5のいずれかにマッピングされる。また平面2～5については車両からどの程度の距離が必要か、またどの程度の高さが必要かは、車載カメラの画角や設置場所に応じて決めれば良い。

図28(b)のモデルでは、お椀型をした曲面を空間モデルに用いている。車両は、お椀型に形成された空間モデルにおいてお椀の底に当たる部分に設置され、車載カメラから撮影された画像は、お椀の内側の面にマッピングされる。



お椀型のモデルとしては、球や、放物線の回転体、懸垂線の回転体などが考  
えることが、いずれにしろ空間モデルを少数の数式で表すことが出来れば、  
マッピングの計算は高速で行うことが可能となる。

図28(c)のモデルでは、以下で説明する平面と曲面を組み合わせて構成  
された空間モデルを示している。

平面：路面（すなわち車両のタイヤに接している）としての平面

曲面：車両を取り囲むように前記平面上に置かれた円柱状又は楕円柱状の  
壁

本空間モデルにおいて、曲面をどういう形状にするか、また車両からどの  
程度の距離をおいて設置するかは、車載カメラの画角や設置場所に応じて決  
めれば良い。

かくの例のごとく、車両の周囲に、車両を囲い込むごとく壁を立てた空間  
モデルは、次に示す効果が得られる。すなわち、画像中の物体がすべて道路  
面上にあるものと仮定して、カメラ画像を路面上にマッピングすると、路面  
から上方に高さ成分を持つ物体に関しては、大きくゆがんでしまうという問  
題があった。これに対し、本発明によって導入された空間モデルでは、まず  
路面に垂直もしくはほぼ垂直な平面もしくは曲面によって車両を囲い込む。  
これらの面を車両から離れ過ぎないように設定すれば、高さ成分を持つ物体  
がこれらの面にマッピングされるため、歪みを小さくすることが可能となる。  
しかもマッピングした際の歪みが小さいため、2台のカメラ画像の接合部で  
のずれも少なくなることが期待できる。

本発明によるマッピング手段 104Aは、カメラパラメータに基づいて、車載  
カメラからの入力画像を構成する各々の画素を、本発明による空間モデル作

成手段 103によって作成された空間モデルにマッピングする。すなわち、車載カメラから撮影された各々の画像を空間モデルに透視投影する。

図 29 は、画像を含む平面(以下、視平面という)に設定した  $U-V$  座標系の点の座標を、ワールド座標系の点の座標に変換することにより、車載カメラ画像を空間モデルを構成する面にマッピングする説明の補助として使用する図である。

マッピングの説明をする前に、まず視平面座標をワールド座標へ変換する方法について説明する。該変換は下記の手順で行われる。

1. 視平面が  $Z = f$  (カメラの焦点距離)で、該平面上にあるカメラ画像の中心を  $Z$  軸が通るような座標系を設定する。

これを視平面座標系と呼ぶ( $O_e$ を原点とする)。

2. 図 29 における点  $P_v(u, v)$  (この点がカメラ撮影画像の一画素に対応する)の視平面座標系での座標を  $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$  とすると、 $P_e$  と  $P_v$  の関係は、カメラの焦点距離  $f$  を用いて、式(1)式(2)のように表すことが出来る(但し、この場合は  $Z_e = f$  となる)。

前記 2 つの式により、視平面上に投影された画像の各々の画素について、視平面座標系における座標を決めることができる。

3. 視平面座標系とワールド座標系とを対応づける計算式を求める。ここでワールド座標系を中心にして、視平面座標系が空間的に以下のような関係にあるとする。

・ 視平面座標系原点  $O_e$  からワールド座標系原点  $O_w$  へのベクトルを  $(t_x, t_y, t_z)$  とする。つまり 2 つの座標系の位置的なずれは、 $(t_x, t_y, t_z)$  だけ平行移動することによって無くなる。

なお、ワールド座標系におけるカメラ位置が既知であれば、該位置の座標の符号を反転すれば( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ )は容易に求まる。

・視平面座標系のそれぞれの軸の向きをワールド座標系にぴったり合わせるための回転行列を

式0

$$\begin{vmatrix} a1 & a2 & a3 \\ a4 & a5 & a6 \\ a8 & a8 & a9 \end{vmatrix}$$

とする。該回転行列は、カメラパラメータテーブル102Aのうち、向きを表すパラメータによって、X、Y、Zの各軸まわりの回転行列を求め、それらを合成することによって容易に求めることが可能である。

さて、ある点をワールド座標系で $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ で表し、また、視平面座標系 $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$ で表すとする、 $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$ 、 $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ 、

( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ )、前記回転行列の間には式(8)の関係が成り立つ。

これら式(1)式(2)式(8)を用いることにより、視平面上での画素 $P_v(u, v)$ を、ワールド座標系での座標 $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ に変換することが出来る。

式1

$$u = \frac{f}{Z_e} X_e$$

式2

$$v = \frac{f}{Z_e} Y_e$$

式 8

$$\begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix}$$

式 9

$$\begin{pmatrix} X_e \\ Y_e \\ Z_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{pmatrix}^T \left( \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} \right)$$

さて、車載カメラで撮影された画像を構成する各々の画素の位置は、一般的に画像面を含む平面上の座標として表される。入力画像を構成する各々の画素を前記空間モデルにマッピングするためには、入力画像の全ての画素について、以下の手順で処理を行えばよい。図30は該マッピングの手順をフローチャートの形式で示したもので、以下、図30に従ってマッピングの処理内容を説明する。

1. カメラ画像の映っている視平面に設定したU-V座標系の座標として表される前記画素を、ワールド座標系における座標に変換する。変換には、例えば直前に示した式(1)式(2)式(8)を用いれば良い。

2. カメラ視点の座標 $O_e$ を端点とし、前記画素 $P_w (= P_e)$ の座標を通る半直線と前記空間モデルを形成する面との交点 $P_s(X_s, Y_s, Z_s)$ を求める。

3. 該交点 $P_s$ に、前記画素の色をマッピングする。すでに他のカメラ画像からの色が点 $P_s$ にマッピングされている場合、点 $P_s$ の色を決める方法としては例えば以下のような方法を用いれば良い。

- ・すでにマッピングされている色とマッピングしようとする色を同じ割合で混合する。

- ・すでにマッピングされている色とマッピングしようとする色のうち、明度の高いもしくは低いもしくは中間の色を用いる。

- ・すでにマッピングされている色とマッピングしようとする色のうち、彩度の高いもしくは低いもしくは中間の色を用いる。

上記 1～3 までの処理を、全てのカメラについて実施すれば、独立した全てのカメラからの画像を、同じ一つの 3 次元空間内の空間モデル上にマッピングすることができる。

本発明による視点変換手段 105 は、車載カメラの画像がマッピング手段 104 によって空間モデルにマッピングされた結果を、任意の視点に設置したカメラから撮影した画像として合成する。その方法の概要は、マッピング手段 104 で行った処理の逆の処理を行うことである。

すなわち、マッピングされた画像を構成する点  $P_s(X_s, Y_s, Z_s)$  を、任意の視点にカメラを設置して撮影した画像面  $P_v(u, v)$  に投影する変換を求めることに相当する。

従って、この変換を計算する式は、先に詳述した式(1)式(2)および式(9) (式(8)の逆変換に相当する) で表すことが可能である。

すなわち、 $P_s(X_s, Y_s, Z_s)$  を入力し前記 3 つの式によって  $P_v(u, v)$  を計算する。この計算では、カメラのカメラパラメータは任意の所望の値を指定できる。つまりそれは所望の視点に所望の角度でカメラを置くことができることを意味する。

ところで、視点変換手段 105A において、前記任意視点にカメラを置いて

見たときの画像を合成する際に、前記合成画像のある画素に対応する空間モデルの点に、色がマッピングされていない場合も考えられる。その場合は、物体が存在しない部分であると識別可能な色、例えば黒に置き換えるなどすればよい。

さて、図28(a)～(c)の例では、車両を面で完全に囲い込む空間モデルを示したが、実際には車両の全周囲を障害物が取り囲む場合は少なく、自車の周囲に多くて数台の車両が存在する程度が普通である。係る状況を鑑みると、自車の周囲を完全に囲い込む空間モデルを導入する代わりに、必要に応じて、すなわち、自車の周囲に障害物が存在している状態が分かれば、その場合にのみ前記障害物の前に、それをマッピングするついたてのような面を作成すればよい。

図28(d)は、該ついたて面を導入した空間モデルの一例を鳥瞰図的に示した概念図で、図28(d)の空間モデルでは、路面平面と、路面上に車両の左後方及び右後方にそれぞれ一つづつ、ついたてとしての平面を立てた空間モデルを示した概念図である。該ついたて面は、車両に対して予め決められた場所に立てておくことももちろん可能であるが、前述のごとく、車両の周囲に面から上方に高さ成分を持つ障害物が発見された場合にのみ、ついたて面を立てるようにしても良い。その際に、どの位置にどの向きについたて面を立てるかを決める必要があるが、その一例として障害物の検知結果に従ってついたて面を設置する方法を次に示す。

係るついたて面設置の処理を実行するために、本発明による障害物検知手段108は、車両周囲の状況として、少なくとも車両周囲に存在する障害物までの距離を距離センサ107Aを用いて計測する。

距離センサ 107Aとしては様々なものがあるが、車載用としては、レーザー光、超音波、ステレオ光学系、カメラのフォーカス（目標物体にフォーカスを合わせた時の焦点距離から、カメラと前記物体までの距離を計算する）などを使用することが可能である。該距離センサ107A、レーザー光、超音波などを用いる場合には、車両の周囲に多数取付けるのが望ましい。一方、ステレオ光学系やカメラのフォーカスを用いる場合は、車載カメラに併設してもよいが、車載カメラの一部をそのまま利用するとコストを安価にすることが可能となる。

次に該障害物検知手段 108Aの処理結果に基づいて、ついたて面を含む空間モデルを作成する方法の一例を示す。図31は障害物センサを用いて車両と該車両の周囲に存在する障害物との距離に基づいて、3次元空間内についたて面を立てる方法を示す概念図である。本例では、車載の各々のカメラに該障害物検知センサが併設されており、該障害物センサはカメラの視線と同じ方向を向き、該方向に存在する障害物との距離を計測するものとする。また図31において使用しているパラメータは以下の通りである。

$(px0, py0, pz0)$  : 距離センサ 107 1 の路面平面上での座標

$(dx, dy, dz)$  : 距離センサ 107 1 のセンシングの向きを示す方向ベクトル

$dc$  : 距離センサ 107 1 と障害物との路面平面上での距離

$(px1, py1, pz1)$  :  $(px0, py0, pz0)$  から  $(dx, dy, dz)$  の方向に距離 $dc$ だけ移動した点

以下、図31に従って空間モデルを作成する手順を説明する。

1. 障害物との距離 $dc$ を計測し、その距離が予め設定されている所定の距

離より近いかどうかを調べる。

前記所定の距離より離れていれば何もしない。

2. もし所定の距離内であれば、以下の手順でついたて平面を求める。

2-1. 予め分かっている距離センサ107Aの座標値から(px0, py0, pz0)を求める。

2-2. 予め分かっている距離センサ 107Aの向き(dx, dy, dz)と、障害物までの距離dcから、(px1, py1, pz1)を求める。

2-3. 法線ベクトル(dx, dy, dz)を持ち、点(px1, py1, pz1)を通る平面(式(15))を、ついたて面とする。

$$dx(x-px1) + dy(y-py1) + dz(z-pz1) = 0 \quad \text{式(15)}$$

3. 前記ついたて面は、必要がなくなれば取り除く。

4. 全ての距離センサ 107 について、上記 1 から 3 までの処理を終了していれば、空間モデル作成処理を終了する。まだ未チェックの距離センサ 107 Aがあれば、該距離センサ 107Aについて、上記 1 から 3 までの処理を実行する。

図31では、カメラ1、2から入力された画像が、それぞれ空間モデルを構成するついたてとしての平面1、平面2にマッピングされている様子が示されている。マッピングに際して、ついたて面の幅の値をいくりにするかが合成画像のクオリティを決める重要な要素の一つとなる。障害物としてもっとも一般的なのは他の車両なので、例えば自車と他の車両との距離がついたて面を作成する距離になったとき、前記他の車両の2/3以上がついたて面



にマッピングされるように幅を設定するという方針で、ついたての幅を決めるなどすればよい。

また、ついたて面を作成するかどうかを決める条件としての、自車から障害物までの距離は、経験的に 50cm～1m の値を設定すると良い。また、ついたて面を取り除く場合の条件としては、以下に列挙するような方法を、単独で、もしくは組み合わせて用いれば良い。

- ・ 障害物との距離が所定の距離より遠ざかった場合
- ・ 運転者が、なんらかの方法で該画像生成装置を初期化した場合

以上、本発明による画像生成装置を構成するそれぞれの手段の実施例を説明した。次に、本発明による画像生成装置の全体の処理の流れについて説明する。図 3 2 は、本発明による画像生成装置の全体の処理の流れをフローチャートの形式で示したものである。なお画像生成装置の構成例としては図 2 7 (b) の構成を想定する。

1. (901) 本装置を正常に動作させるために、車載カメラのそれぞれについて、正しいカメラパラメータをカメラパラメータテーブル102Aに入力しておく。
2. (902) 車載カメラで車両周囲の画像を撮影する。
3. (903) 障害物検知手段 108Aにて、距離センサ107Aで車両周囲に存在する障害物までの距離を計測する。
4. (904) 空間モデル作成手段103Aにて、空間モデルを作成する。
5. (905) マッピング手段104Aにて、車載カメラからの画像を、空間モデルにマッピングする。
6. (906) 空間モデルにマッピングされた画像を参照して、運転者が設定

した視点から見た画像を合成する。

7. (907) 6. の処理で合成された画像を表示する。

8. (908) 上記 2. ～ 7. の処理を必要がなくなるまで繰り返す。例えば運転者が車両を駐車スペースに入れようとしている時は、前記 2. ～ 7. の処理を繰り返し、駐車が完了すれば本処理を終了すればよい。

以上のように、本発明では限られた台数のカメラからの画像を用いて任意の視点からの画像が合成する。その合成の際に、従来使用されてきた路面平面一つだけの空間モデル以外の空間のモデルを導入し、この空間モデルを用いることにより、高さをもつ物体も歪みを少なくして空間にマッピングされる。従って、高さをもつ物体が 2 台のカメラ画像に映っている場合、それぞれの画像を空間モデルにマッピングしたときの前記物体の重なりのはずれは、平面モデルに比べて大きく改善され、視点変換して合成した画像のクオリティが向上し、運転者は、前記合成画像によって周囲の状況がよりいっそう認識しやすくなり、適確な運転操作を行えることが期待できる。

なお、これまでの説明は、車両周囲の状況を車両から検知し、車両を基準とした座標系で説明してきたが、たとえば、駐車場等に設置のセンサが駐車場の状況を検知し、駐車場を基準とした座標系での周囲状況と、車両の駐車場における位置関係を、車両に通知することにより、これまで述べた処理を実施することが可能である。

以下、別の本発明の一実施例を説明する。なお、本実施例においては、車両の周囲を監視するカメラを設置し、前記カメラで獲得した画像を運転席近くに設置したモニターテレビに表示させる監視装置を対象として説明する。

図 3 3 (a) は本発明 (請求項 3 9 の一例) に係る監視装置の基本構成例

を示したブロック図である。

本実施例による車両周囲監視装置は、基本構成として、車両周囲の状況を把握するために取付けられた複数台のカメラ101B、前記カメラの特性を示すカメラパラメータを格納しておくカメラパラメータテーブル102B、車両周囲の状況として、例えば白線や路面に描かれた矢印、文字、また横断歩道など、路面上の特徴を検知する路面特徴検出手段103B、たとえば車両を基準とした座標系を設定し、該座標系に、前記路面特徴検出手段103Bの処理結果に応じた空間モデルを作成する空間モデル作成手段104B、前記カメラより入力された画像を前記空間モデルにマッピングするマッピング手段105B、視点を設定し、前記視点から見た一枚の画像を、マッピング手段105Bにて作成されたデータから合成する視点変換手段106B、視点変換手段106Bにて変換された画像を表示する表示手段107Bからなる構成を有する。

図33(b)は、図33(a)に示した監視装置に対して、さらに、車両の移動方向を検出する移動方向検出手段109B、および車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出手段108Bでの処理結果を用いて、前記路面上の特徴の現在位置を計算し、計算した車両の現在位置にもとづいて、前記空間モデルを逐次修正することを特徴とする。

図33(c)は、図33(b)に示した監視装置に対して、さらに、表示手段107Bにおいて路面特徴検出手段103Bにおける処理結果を表示しつつ前記処理結果を修正する特徴修正手段110Bを備えた構成を有することにより、処理の実行中に路面上の特徴がずれた場合に、該ずれを修正することが可能となる。

次に、本実施例を構成する各構成要素についての詳細を説明する。

カメラは、車両の周囲の状況など、監視すべき空間の画像を撮り込むテレビカメラである。このカメラは、大きな視野を得ることができるよう、通常、画角が大きいものを使うのが良い。車両へのカメラの取り付け例は、図7で説明したとおりである。

カメラパラメータテーブル102Bは、カメラパラメータを格納するテーブルである。その内容は上述したとおりである。

カメラパラメータテーブル102Bに格納されているデータは表形式で示されるが、それは図9に示すものである。

同様に、仮想カメラのパラメータは図9のカメラパラメータテーブル102の8行目に記載されており、その内容は、仮想カメラとは、座標(0、 $y_1$ 、0)の位置にあり、向きはY-Z平面に対して0度、X-Z平面に対して-20度の角度をなし、焦点距離は $f$ 、レンズ歪み係数 $\kappa_1$ 、 $\kappa_2$ はともに0である、ということが分かる。

本実施例では、視点変換手段106Bで設定した所望の視点に仮想のカメラを設置したと仮定し、その仮想カメラからの画像を計算によって求めることが可能である。該計算方法については後で詳述する。

また、前記レンズ歪み係数を用いてカメラ入力画像に対してレンズ歪み補正を行う場合、通常、多くの計算が必要になり、実時間処理には向かない。

そこで、レンズ歪みは、画像合成時に問題が生じるほどの変化は起こらないと仮定し、歪み補正前の画像と、歪み補正後の画像で、それぞれの画素の座標値の対応関係を予め計算しておく。そして前記計算結果をテーブルやマトリクスなどのデータ形式でメモリ内に保持し、それを用いて歪み補正を行うなどの方法が、高速な補正処理として有効である。

空間モデル作成手段 104Bは、車両を基準とした座標系を設定し、この座標系に、路面特徴検出手段 103Bの処理結果に応じた空間モデルを作成する。

図 34 (a), (b) は、本発明による空間モデルを示した概念図である。

本図では、路面上の特徴として、駐車場に引いてある駐車スペースを示す白線の端点もしくは白線同士が交わって出来る角を検知し、それらの点を基準にして図に示すような 5 つの平面を用いて空間モデルを構成している様子を示しており

、図 34 (a) は該空間モデルを鳥瞰図的に示した概念図、図 34 (b) は図 34 (a) において、車両の上方から下向きに透視投影された図である。図 34 (b) の例では、路面上の特徴の例として、特徴点 1 ~ 4 までを示している。

以下、路面上の特徴もしくは特徴点は、これら 4 つの特徴点を示すものとする。

但し、4 つのいずれかを指すときは「特徴点 1」というように番号を付けて指定する。そして本実施例では、該 5 つの平面をそれぞれ以下のように決めている（ここでは、左右は車両の後ろ向き方向に対して決めている）。

平面 1：路面（すなわち車両のタイヤに接している）としての平面

平面 2：左端が平面 2 に接し平面 1 に垂直な平面

平面 3：特徴点 1 と特徴点 2 を結ぶ線分に沿っており、平面 1 に垂直な平面

平面 4：特徴点 2 と特徴点 3 を結ぶ線分に沿っており、平面 1 に垂直な平面

平面 5：特徴点 3 と特徴点 4 を結ぶ線分に沿っており、平面 1 に垂直な平面

平面 6：右端が平面 5 に接し平面 1 に垂直な平面

さて、空間モデル作成手段 104Bにおいて、3次元空間にこれらの平面（

但し路面と一致する平面 1 を除く) を作成するにあたっては、前記特徴点を検出する必要がある。路面特徴検出手段 1 0 3 B は、係る路面上の特徴を抽出するものである。

図 3 5 (a) ~ (d) は、路面特徴検出手段 1 0 3 B で特徴点を抽出する処理の例を説明するための図、図 3 6 は特徴点の抽出処理の流れを示すフローチャートであり、以下、これらの図を用いて、路面特徴検出手段 1 0 3 B での処理手順を説明する。

処理 7 0 1 : 車載カメラのいずれかから駐車スペースを示す白線を含む画像を撮影する。図 3 5 (a) は、該撮影された画像を示している。

以下の 2 つの処理を行い、特徴点の位置を推定する。

処理 7 0 2 : 車載カメラから撮影された画像を適当なしきい値で 2 値化し、それを横方向および縦方向に走査し、走査ラインにおける白線に対応する画素の数を頻度とするヒストグラムを、縦方向、横方向のそれぞれについて得る。該ヒストグラムの結果から特徴点の存在する位置を推定する。図 3 5 (b) はその処理例を示したもので、

- ・縦方向に走査して得られたヒストグラムから、特徴点の Y 座標を推定
- ・横方向に走査して得られたヒストグラムから、特徴点の X 座標を推定している様子を示している。

処理 7 0 3 : 車載カメラから撮影された画像にエッジ抽出処理を行い、続いて前記エッジ処理結果にさらに直線抽出処理を実施し、得られた直線の交点もしくは端点を特徴点として推定する。図 3 5 (c) は、その処理例を示したもので、エッジ抽出としては、例えばゾーベルオペレータ、直線抽出としては例えばハフ変換などを用いれば良い。

処理 7 0 4 : 上記処理 7 0 2、処理 7 0 3 で得られた特徴点の推定値を用いて特徴点を決定する。特徴点の決定の仕方としては、例えば、処理 7 0 2、処理 7 0 3 のそれぞれの方法で得られた特徴点の中間点を取るなどすればよい。尚、処理 7 0 2、処理 7 0 3 はいずれを先に実行しても同じ結果が得られる。

処理 7 0 5 : カメラ画像から得られた特徴点の 3 次元座標系における座標を求める。この座標から、前記空間モデルを構成する平面を求めることが可能となる。

マッピング手段 1 0 5 B は、カメラパラメータに基づいて、車載カメラからの入力画像を構成する各々の画素を、空間モデル作成手段 1 0 4 B によって作成された空間モデルにマッピングする。すなわち、車載カメラから撮影された各々の画像を空間モデルに透視投影する。

図 2 9 は、画像を含む平面に設定した U-V 座標系の点の座標を、ワールド座標系の点の座標に変換することにより、車載カメラ画像を空間モデルを構成する面にマッピングする説明の補助として使用する図である。この詳細については、すでに説明した。

なお、車載カメラで撮影された画像を構成する各々の画素の位置は、一般的に画像面を含む平面上の座標として表されるが、その詳細は既に図 3 0 において説明した。

視点変換手段 1 0 6 B は、車載カメラの画像がマッピング手段 1 0 5 B によって空間モデルにマッピングされた結果を、任意の視点に設置したカメラから撮影した画像として合成する。その方法の概要は、上述した視点変換手段 1 0 5 A に関して説明した。

ところで、視点変換手段 106Bにおいて、前記任意視点にカメラを置いて見たときの画像を合成する際に、前記合成画像のある画素に対応する空間モデルの点に、色がマッピングされていない場合も考えられる。その場合は、物体が存在しない部分であると識別可能な色、例えば黒に置き換えるなどすればよい。

さて、路面特徴検出手段 103Bによって検出された特徴点の位置は、車両の動きとともに変化する。空間モデルは特徴点の 3 次元座標を基に作成されるので、車両の動きによって特徴点の位置が変化する毎に空間モデルを作り直す必要がある。すなわち車両が移動している間は常に、直前に説明した手法などで特徴点の位置を求める必要があるが、画像から特徴点を求める処理は一般的に計算量が多いため、コストが高くつく。これを回避するための方法として、車両の動く速さと向きをつねに計測し、その計測結果を用いて特徴点の座標を計算すればよい。

本発明（請求項 41 の一例）の車両周囲監視装置は、係る処理を実行するために、車両の移動方向を検出する移動方向検出手段 109Bと、車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出手段 108Bを備え、移動方向検出手段 109Bおよび移動距離検出手段 108Bでの処理結果を用いて、前記路面上の特徴の現在位置を計算する。

図 37 は、本発明（請求項 41 の一例）の車両周囲監視装置において、車両の動きにともなって特徴点の位置計算を行う処理の手順を示すフローチャート、図 38 は、前記処理の説明の補助に用いる概念図である。

図 38 は、ある一定時間の間に車両が移動したとき、前記一定時間の開始時刻（以下  $t_1$ ）と終了時刻（以下  $t_2$ ）における車両の位置、および向き



の関係を示している。図 3 7 および図 3 8 を用いて前記処理の手順を説明する。

処理 9 0 1 : ある一定時間における車両の移動距離を検出する。本実施例では、移動距離は、時刻  $t_1$  と時刻  $t_2$  のそれぞれの時刻における車両位置の間の直線距離で定義する。すなわち、図 3 8 における  $O_1$  と  $O_2$  の距離ということになる。

説明の都合上、図 3 8 に記載のように、移動距離を  $O_1$  から  $O_2$  へのベクトルを  $(t' x, 0, t' z)$  で表す。移動距離の検出方法としては、例えばタイヤの回転数などによって計測する方法が用いられる。

処理 9 0 2 : 前記一定時間における車両の移動方向を検出する。本実施例では移動方向を、時刻  $t_1$  における車両の向きに対して時刻  $t_2$  における車両の向きがどれだけ変化したかの変化量として定義する。

説明の都合上、図 3 8 に記載のように、向きの変化量を  $Z_1$  軸と  $Z_2$  軸とのなす角度  $\Theta$  で表す。移動方向の検出方法としては、例えばハンドルの回転角度などによって計測する方法が用いられる。

処理 9 0 3 : 時刻  $t_1$  から時刻  $t_2$  に至る間の車両の移動距離および移動方向を用いて、 $t_1$  において取得した特徴点の座標を  $t_2$  における特徴点の座標に変換する上記式 (5) を作成する。

但し、式 (5) では時刻  $t_1$  から時刻  $t_2$  に至る間の車両移動においては、完全に垂直成分の変化がないもの、つまり路面が平坦であることを仮定している。

式 (5) において、 $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$  は、時刻  $t_1$  において車体を中心にした  $X_1 - Y_1 - Z_1$  ワールド座標系 (原点  $O_1$ ) におけるある点の座標で

、 $x_2$ 、 $y_2$ 、 $z_2$ は、前記点の時刻 $t_2$ において車体を中心にした $X_2-Y_2-Z_2$ ワールド座標系（原点 $O_2$ ）における座標を表す。つまり、 $x_1$ 、 $y_1$ 、 $z_1$ を式（5）の右辺に代入して計算した結果が $x_2$ 、 $y_2$ 、 $z_2$ となる。

処理904： 式（5）を用いて、時刻 $t_1$ において合成した特徴点の座標を時刻 $t_2$ における特徴点の座標に変換する。

車両の移動方向と移動距離が誤差なく計測できれば、移動方向検出手段109と移動距離検出手段と特徴位置計算手段を導入し、直前で説明した計算方法によって、常に特徴点の正確な座標を得ることができる。しかしながら、車両の移動方向と移動距離を誤差なく計測することは現実的に不可能であるため、特徴点の位置を必要に応じて修正する必要がある。

特徴修正手段110Bは、表示手段107Bにおいて路面特徴検出手段103Bにおける処理結果を表示しつつ、車両の乗員が特徴の修正を指示し、その指示に従って路面の特徴位置を修正する。

図39は、特徴修正処理を表示手段107Bに表示している様子を示した概念図であり、また、図40は、特徴修正処理における処理の流れを示すフローチャートである。以下、これらの図を用いて、特徴修正手段110Bでの処理手順を説明する。

処理1201：表示手段107Bにて、現在の特徴点の位置を表示する。図39の例では車載カメラから撮影された各々の画像と空間モデルとをスーパーインポーズし、それを上方から下向きに透視投影した画像を表示している様子を示している。

処理1202：位置のずれている特徴点を指定する。図39の例では特徴

点2および特徴点4がずれている特徴点で、これらを指定する。指定にあたっては、例えば表示装置にタッチパネルが装着されている場合は指で表示画面を触れることによって容易に場所の指定が可能である。

処理1203：前記ずれた特徴点の正しい場所を指定する。正しい特徴点の場所はどういう場所であるかは、予め操作する人に知らせておく。

処理1204：修正すべき特徴点が残っていれば、上記処理1201～1203を引き続き繰り返し、なければ特徴点の修正処理を終了する。

以上、本発明による車両周囲監視装置を構成するそれぞれの手段の実施例を説明した。次に、本発明による車両周囲監視装置の全体の処理の流れについて説明する。図41は、本発明による車両周囲監視装置の全体の処理の流れを示すフローチャートである。なお、車両周囲監視装置の構成例としては図33(c)の構成に基づく。

処理1301：本装置を正常に動作させるために、車載カメラのそれぞれについて、正しいカメラパラメータをカメラパラメータテーブル102Bに入力しておく。

処理1302：車載カメラで撮影した画像から路面上の特徴点を抽出する。処理1303：抽出した特徴点の画像内の座標とカメラパラメータから該特徴点の3次元座標を計算する。但し、車両周囲監視装置処理が実行中ならば、車両の移動方向および移動距離を検出した結果を用いて、特徴点の座標の現在位置を計算する。

処理1304：車載カメラで車両周囲の画像を撮影する。

処理1305：空間モデル作成手段104Bによって処理4で撮影された画像を内に空間モデル作成する。

処理 1 3 0 6 : マッピング手段 1 0 5 Bにて、車載カメラからの画像を、空間モデルにマッピングする。

処理 1 3 0 7 : 空間モデルにマッピングされた画像を参照して、運転者が設定した視点から見た画像を合成する。

処理 1 3 0 8 : 処理 1 3 0 7 で合成された画像を表示する。

処理 1 3 0 9 : 表示画像において、特徴点の位置がずれているかどうかを確認する。

処理 1 3 1 0 : もしずれていれば特徴点修正の割り込みを入れ、特徴点の修正処理を行う。特徴点の修正の必要がなければ、処理 1 3 0 3 に戻り、処理を繰り返す。例えば運転者が車両を駐車スペースに入れようとしている時は、前記処理 1 3 0 2 ～ 1 3 0 8 を繰り返し、駐車が完了すれば本処理を終了すればよい。

なお、本発明における車両の周囲の状況としては、上述した路面の特徴だけでなく、たとえば駐車車両の状態等があげられる。その場合はその駐車車両の状態に応じた空間モデルが生成される。

以上のように、本発明では限られた台数のカメラからの画像を用いて任意の視点からの画像が合成する。その合成の際に、単なる平面のモデルではなく、カメラ画像から得られた路面上の特徴を利用して作成された汎用的な空間のモデルを導入している。平面を用いた方法では、高さ成分がカメラ視線方向の奥行き成分に変換されてしまうため、路面から上方に高さ成分を持つ物体は、路面に投影すると大きく歪むことが問題であったが、本発明の空間モデルを用いることにより、高さをもつ物体も歪みを少なくして空間にマッピングされる。従って、高さをもつ物体が 2 台のカメラ画像に映っている場

合、それぞれの画像を空間モデルにマッピングしたときの前記物体の重なり  
のずれは、平面モデルに比べて大きく改善され、視点変換して合成した画像  
のクオリティが向上し、運転者は、前記合成画像によって周囲の状況がより  
一層認識しやすくなり、適確な運転操作を行えることが期待できる。また、  
前記空間モデルは単純な構成を有しているため、装置のコストを低く押さえる  
ことも可能となる。

次に別の本発明の画像生成装置を説明する。

以下、図を用いて本発明の一実施例を説明する。図42は本発明（請求項  
45の一例）に係る画像生成装置の構成例を示したブロック図である。

本実施例の画像生成装置は、基本構成として、車両周囲の状況を把握する  
ために取付けられた複数台のカメラ101C、カメラ101Cの特性を示すカ  
メラパラメータを格納しておくカメラパラメータテーブル102C、車両の周  
囲の状況をモデル化した空間モデル103Cにカメラ101Cより入力された  
画像をマッピングするマッピング手段104C、所望の仮想視点から見た一枚  
の画像を、マッピング手段104Cにて作成されたデータから合成する視点変  
換手段105C、カメラ101Cのパラメータを、各々のカメラで独立して修  
正するカメラパラメータ修正手段106C、視点変換手段105Cにて変換さ  
れた画像を表示する表示手段107Cからなる構成を有する。

次に、本実施例を構成する各構成要素についての詳細を説明する。

カメラ101Cは、車両の周囲の状況など、監視すべき空間の画像を撮り込  
むテレビカメラである。図43（a）は、車両へ3台のカメラを取り付けた  
例を示した概念図であるが、図43（a）の例のように、車両への取り付け  
位置としては、車体屋根と側面もしくは屋根と後面の境界部分にし、できる

だけ画角が大きいものを使うようにすると、視野が広くなりカメラの台数も少数で済む。また左右のドアミラー部に後方を向いたカメラを設置し、それらのカメラからの画像を車内に設置したモニタに表示することによりドアミラーの機能を果たすため、車両からドアミラーを除去することが可能となり、デザインの的にも空力的にも優れた車を設計することが可能となる。

カメラパラメータテーブル102Cは、カメラパラメータを格納するテーブルである。その詳細については上述したとおりである。

さて、まず該カメラパラメータテーブル102Cの詳細な説明の準備として、車両を基準とした3次元空間座標系を定義する。図44は車両を中心とする3次元空間座標系を示した概念図である。図44の例では3次元空間座標系の例として、

- ・ 車両の後面直下にある後面に平行な路面上の直線をX軸
- ・ 車両の後面中央に路面から垂直に伸びる軸をY軸
- ・ 車両の後面中央を通り後面に垂直な路面上の直線をZ軸

とする3次元空間座標系を定義する。

また、本座標系においてカメラの向きは、

- ・ Y-Z平面に対してなす角度を $\alpha$
  - ・ X-Z平面に対してなす角度を $\beta$
  - ・ 上記 $\alpha$ 、 $\beta$ の角度で回転した後の、カメラの光軸の周りの回転角度を $\gamma$
- として、該 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ を用いて表すものとする。以下、特に断る場合を除いて、3次元空間座標系もしくはワールド座標系もしくは単に3次元空間は、本定義による3次元空間座標系を指すものとする。

図45は、カメラパラメータテーブル102Cに格納されているデータを表

形式で示したものである。図45に記載されている内容は、テーブルの左側の列から順に以下の通りで、下記のごとく本テーブルでは、2列目から9列目までの項目がカメラパラメータの例を示している。

- ・ 1列目：図44の車載カメラの番号
- ・ 2列目：3次元空間座標系におけるカメラ位置のX座標
- ・ 3列目：3次元空間座標系におけるカメラ位置のY座標
- ・ 4列目：3次元空間座標系におけるカメラ位置のZ座標
- ・ 5列目：カメラの向きのうちY-Z平面に対してなす角度 $\alpha$
- ・ 6列目：カメラの向きのうちX-Z平面に対してなす角度 $\beta$
- ・ 7列目：カメラの光軸の周りの回転角度 $\gamma$
- ・ 8列目：3次元空間座標系におけるカメラの焦点距離
- ・ 9列目：レンズの半径方向の歪み係数 $\kappa_1$
- ・ 10列目：レンズの半径方向の歪み係数 $\kappa_2$

例えば、図44におけるカメラ1のパラメータは図45のカメラパラメータテーブル102Cの第2行目に記載されており、その内容は、カメラ1は、座標(0、 $y_1$ 、0)の位置にあり、向きはY-Z平面に対して0度、X-Z平面に対して-30度の角度をなし、光軸周りの回転はなく、焦点距離は $f_1$ 、レンズ歪み係数 $\kappa_1$ 、 $\kappa_2$ はともに0である、ということが記されている。

本実施例では、視点変換手段105C(後で詳細を説明)によって、車載カメラから撮影した画像を所望の仮想視点から見た画像に変換することが可能である。仮想視点から見た画像とは、具体的には所望の場所に好きな向きに仮にカメラを置いた場合に見えるはずの画像のことである。従って仮想視点

の視点パラメータは、前述のカメラパラメータと同じものを用いて表すことが可能である。この際

、仮想のカメラでは、レンズの歪みは考慮する必要がないので、レンズ歪み係数 $\kappa_1$ 、 $\kappa_2$ はいずれも0とすることができる。

図46は、視点パラメータテーブル102Cに格納されているデータを表形式で示したものである。図46に記載されている内容は、テーブルの左側の列から順に、2列目から9列目までの項目が視点パラメータの例を示している。その内容は、仮想視点が、座標(0、0、 $z_2$ )の位置にあり、向きはY-Z平面に対して0度、X-Z平面に対して-90度の角度をなし、光軸周りの回転はなく、焦点距離は $f_2$ 、レンズ歪み係数 $\kappa_1$ 、 $\kappa_2$ はともに0である、ということが記されている。

マッピング手段104Cは、カメラパラメータに基づいて、車載カメラからの入力画像を構成する各々の画素を空間モデル103Cにマッピングする。すなわち、車載カメラから撮影された各々の画像を空間モデル103Cに透視投影する。

ここで空間モデル103Cとは、マッピング手段104Cにおいて、カメラからの画像を3次元空間座標系にマッピングする立体モデルを指し、例えば、平面もしくは曲面もしくは平面および曲面からなるモデルが使用される。本実施例では、説明を容易にするために、最も単純な空間モデル103Cの一例として路面としての平面モデルを用い、車載カメラからの画像を、該平面モデルにマッピングする方法を説明する。

尚、実用に際しては該単純なモデルでは、高さ成分を持つ物体の歪みが大きくなるなどの問題が生じるため、平面をいくつか組み合わせた空間モデル



、平面と曲面を組み合わせた空間モデルなどを用いるとよい。さらには、車両の周囲の障害物の正確な立体モデルを実時間で計測することが可能であれば、該立体モデルを用いると、さらに高精度な合成画像が得られる。

さて、マッピング手段104Cにおけるマッピング処理の説明をする前に、まず視平面座標をワールド座標へ変換する方法について説明する。図47は、画像を含む平面（以下、視平面）に設定したU-V座標系の点の座標を、ワールド座標系の点の座標に変換することにより、車載カメラ画像を空間モデル103Cを構成する面にマッピングする説明の補助として使用する図である。該変換は下記の手順で行われる。

手順1：視平面が  $Z = f$ （カメラの焦点距離）で、該平面上にあるカメラ画像の中心をZ軸が通るような座標系を設定する。これを視平面座標系と呼ぶ（ $O_e$ を原点とする）。

手順2：図7における点 $P_v(u, v)$ （この点がカメラ撮影画像の一画素に対応する）の視平面座標系での座標を $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$ とすると、 $P_e$ と $P_v$ の関係は、カメラの焦点距離 $f$ を用いて、上記式(1)式(2)のように表すことが出来る（但し、この場合は $Z_e = f$ となる）。

前記2つの式により、視平面上に投影された画像の各々の画素について、視平面座標系における座標を決めることができる。

手順3：視平面座標系とワールド座標系とを対応づける計算式を求める。

ここで、ワールド座標系を中心にして、視平面座標系が空間的に以下のような関係にあるとする。

・視平面座標系原点 $O_e$ からワールド座標系原点 $O_w$ へのベクトルを $(t_x, t_y, t_z)$ とする。

つまり、2つの座標系の位置的なずれは、視平面座標系を( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ )だけ平行移動することによって無くなる。尚、ワールド座標系におけるカメラ位置が既知であれば、該位置の座標の符号を反転すれば( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ )は容易に求まる。

・視平面座標系のそれぞれの軸の向きをワールド座標系に合わせるための回転行列を上記式(1)とする。

該回転行列は、カメラパラメータテーブル102Cのうち、向きおよびカメラの光軸周りの回転を表すパラメータ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )によって、 $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ の各軸まわりの回転行列を求め、それらを合成することによって容易に求めることができる。さて、ある点をワールド座標系で $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ で表し、また、視平面座標系 $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$ で表すとする、 $P_e(X_e, Y_e, Z_e)$ 、 $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ 、( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ )、前記回転行列の間には式(8)の関係が成り立つ。

これらの式(1)式(2)式(8)を用いることにより、視平面上での画素 $P_v(u, v)$ を、ワールド座標系での座標 $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$ に変換することが出来る。

さて、車載カメラで撮影された画像を構成する各々の画素の位置は、一般的に画像面を含む平面上の座標として表されるが、その詳細は既に図30において説明した。

なお、図47では空間モデル103Cを形成する面として $X-Z$ 平面を用いた場合の例を示している。

視点変換手段105Cは、車載カメラの画像がマッピング手段104Cによって空間モデル103Cにマッピングされた結果を、任意の仮想視点に設置し

たカメラから撮影した画像に合成する。その方法の概要は、上記視点変換手段105Aに関して説明した。

ところで、視点変換手段105Cにおいて、前記任意視点にカメラを置いて見たときの画像を合成する際に、前記合成画像のある画素に対応する空間モデル103Cの点に、色がマッピングされていない場合も考えられる。その場合は、

- ・物体が存在しない部分であると識別可能な色、例えば黒に置き換える
- ・当該点の色を、色がマッピングされている周囲の点から、補間、補外などによって求めるなどすればよい。

カメラパラメータ修正手段106Cは、カメラのパラメータを、各々のカメラで独立して修正する。

図48は、カメラパラメータ修正手段106Cによってカメラパラメータを修正するための操作部の構成例を示した概念図である。

本実施例では、

- ・修正の対象となるカメラを選択する、カメラ選択ボタン901C
- ・カメラの光軸方向に前後の移動をするズームボタン904C（前向き、後向き）
- ・カメラの光軸方向に垂直にカメラを平行移動する平行移動ボタン902C（上下左右）
- ・カメラの向きの変更と、カメラの光軸周りの回転を修正するジョイスティック903C から構成され、

（a）ズームボタン904C、平行移動ボタン902Cの操作、カメラの3次元空間位置を、

（b）ジョイスティック903Cによって、カメラの回転角度を、それぞれ変更することができ、上記（a）、（b）の操作によって、それぞ

れ当該カメラパラメータの以下の情報が修正される。

(a) 3次元空間座標系におけるカメラ位置のX、Y、Z座標

(b) カメラの向きのうちY-Z平面に対してなす角度 $\alpha$

カメラの向きのうちX-Z平面に対してなす角度 $\beta$

カメラの光軸の周りの回転角度 $\gamma$

修正された結果は、即座に式(8)に反映する。すなわち、式(8)において、式0に示す回転行列が、新たなカメラ角度を用いて再度計算されるとともに( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ )を、新たなカメラ位置の座標で置き換える。さすれば、変更後の式(8)を用いることによって修正操作の結果としての画像が合成され、操作者は、自身の修正の操作が正しいかどうかを一目で確認することが可能である。

ところで、ジョイスティック903Cの操作について、操作としては、

(1) ジョイスティック903Cの軸を上下左右に動かす、いわゆるカメラの光軸の向きの調整に相当する操作

(2) ジョイスティック903Cの軸自身を回転させる、いわゆるカメラの光軸周りの回転の調整に相当する操作

の2通りは少なくとも必要不可欠である。

これらのジョイスティック903Cの操作のうち、(1)については、ジョイスティック903Cの軸とカメラの光軸があたかも一致しているように、操作内容とその結果の画面が表示できれば、操作者はカメラの向きを直感的に把握し易い。

そのためには、ジョイスティック903Cの操作によって傾けられた軸の向きと同じようにカメラの光軸を設定するのではなく、ジョイスティック90

3Cの軸を動かした向きとは反対の方向に同じだけカメラの向きを動かし、その状態での向きを変更されたカメラの向きとしてカメラパラメータテーブル102Cに書き込めばよい。

また、かかる修正をあたかもバックミラーを修正しているかのように行うためには、実際にカメラが置いてある場所でカメラの向いている方向の画像を見ながら行うのが望ましい。そのために、本修正処理を行う際には、表示のために設置する仮想視点は、修正しようとするカメラの修正前の位置および向きと一致させることが望ましい。そのようにすれば、修正によってカメラの向きや位置が変わっていく様子が一目で把握でき、また修正が完了すれば、完了前の仮想視点位置に戻せばよい。

図49は本発明にかかる画像生成装置の関連する技術の構成例を示したブロック図である。

ここでは、図42の構成に対して、さらに、カメラ入力画像と合成画像との間の画素の対応づけ関係を保持するマッピングテーブル108Cを備えている。

図50は、マッピングテーブル108Cを表形式で示した概念図である。テーブルは、表示手段107Cにて表示する画面の画素数分のセルから構成されている。すなわち、

- ・表示画面の横画素数がテーブルの列数
- ・表示画面の縦画素数がテーブルの行数

になるように、テーブルが構成される。そして、それぞれのセルは、

- ・カメラ番号
- ・前記カメラで撮影された画像の画素座標

をデータとして持つ。例えば図50の左上のセルは表示画面での左上、すなわち(0、0)の部分を示しており、マッピング手段104Cは、前記セルに格納されているデータ内容(1、10、10)から、「1番カメラで撮影された画像の画素(10、10)のデータを、表示画面(0、0)に表示する」という処理を行う。

ところで、マッピングテーブル108Cを作成するためには、カメラ入力画像と合成画像との間の画素の対応づけを計算する必要があるが、この計算は、マッピング手段104Cおよび視点変換手段105Cによって容易に計算できる。より具体的には、全てのカメラについて以下の1～2の処理を行えば良い。

1. カメラを一つ決め、そのカメラ番号をC<sub>n</sub>とする。
2. 該カメラ画像を構成する全ての画素に対して以下の2. 1～2. 3の処理を実施する。

2. 1 マッピング手段104Cにより該画素(座標を座標1とする)を空間モデル103Cにマッピングする。

2. 2 視点変換手段105Cにより、2. 1でマッピングされた画素を仮想視点から見たときの視平面での座標(座標2とする)を求める。

2. 3 マッピングテーブル108Cの座標2に対応するセルに、(C<sub>n</sub>、座標1)を組にしたデータを書き込む。但し、それぞれのカメラ画像の表示領域が決められていれば、座標2がC<sub>n</sub>の表示領域である場合にのみ、データを書き込むようにする。

マッピングテーブル108Cが作成されている場合は、表示手段107Cは、マッピング手段104Cおよび視点変換手段105Cでの処理結果を用いて

、合成画像を表示するのではなく、該テーブルを用いて、カメラ画像を表示画像に直接置き換えるようにする。これにより複数カメラ画像の合成処理の高速化が可能となる。

以上、本発明による画像生成装置を構成するそれぞれの手段の実施例を説明した。最後に、本発明による画像生成装置における修正処理の流れを説明する。

図51は、カメラパラメータの修正処理の流れを示すフローチャート、図52及び図53は、カメラパラメータの修正処理の説明の補助に使用する概念図で、図52(a)、(b)は、カメラパラメータ修正時の表示画面を、図53(a)、(b)は、カメラパラメータ修正時以外（すなわち通常時）の表示画面を示す。

処理1201：カメラ選択ボタン901Cなどで修正対象となるカメラを選択する。その際には画面上には、図53(a)のごとく、合成画像がずれている様子が表示されている。

処理1202：仮想視点を、選択されたカメラの位置・向きにあわせて変更し、画像を合成する。仮想視点が変更されると、画面は図52(a)のごとく、選択されたカメラの視点位置からの画像が表示され、該視点位置からのカメラのずれの様子が把握できるようになる。

処理1203：ズームボタン904C、平行移動ボタン902C、ジョイスティック903Cを用いて、カメラの3次元空間位置とカメラの向きを修正する。該修正処理中は、仮想視点は固定したままにする。修正がうまくできれば、画面は、図52(b)のごとく、ずれのない様子が表示される。

処理1204：当該カメラの修正が終了すると、修正後のカメラパラメー

タをカメラパラメータテーブル102Cに書き込む。

処理1205：他に修正の必要があるカメラがあれば、続いて前記カメラを選択し、上記処理1201～1204を繰り返す。無ければ次の処理1206に進む。

処理1206：処理1202で変更された仮想視点を、該カメラ修正処理前の仮想視点に戻し、画像を合成する。その合成の結果、画面は、図52（b）のごとく、ずれのない画像が表示されており、その確認でもってカメラパラメータ修正処理を終了する。

なお、図52、図53の概念図に示したごとく、各々の車載カメラからの画像を接合する部分においては、該接合部分に、見た目に違和感を与えない程度のマーカ（例えば線）などを印しておく、どのカメラの画像がどこに表示されているかが分かり易くなる。

以上のように、本発明によれば、限られた台数のカメラからの画像を用いて任意の仮想視点からの画像を合成する。車両走行中の振動などにより、カメラの位置、向きがずれた場合、従来では、前記ずれを修正することが困難であったが、本発明では、視点を修正するカメラパラメータ修正手段によって、あたかもバックミラーを調整するかの如く、運転者は、自身で表示画像を都度確認しながら、ずれの生じたカメラの画像のみに対して、視点の位置の移動、向きの変更などによって最適の画像を得る。

従って、運転者は例え合成画像の一部にずれが生じた場合でも、その調整のために多大な費用と手間を要することなく、容易にずれの修正を行うことが可能となる。

しかも本発明では、運転者の視点修正操作中は、視点変換手段によって、



仮想視点を、修正しようとする車載カメラの位置に切り替えて画像を合成するため、車載カメラの向き・位置修正を、バックミラーを修正するかのごとく行うことが可能である。

また、本発明では、実際のカメラの向きを調整するのではなく、仮想に設けた視点の向き、位置などのカメラパラメータを修正するので、カメラの向きを変更する機構が必要でなくなり、装置のコストを低価格に押さえることが可能となる。

図54は本発明の別の実施の形態を示すブロック図であり、図42と同じ手段には同じ番号を付して説明を省略する。新しい点は、カメラの特性を示すカメラパラメータを修正する際にガイドとなるガイドデータを格納するガイドデータ記憶手段110Cを有する点である。このガイドデータは画像合成手段109Cによって、入力画像と重畳され、表示手段107Cによって表示される。このガイドデータは任意の生成方法で生成できるが、たとえば次に説明するような方法で生成し、利用する。

図55は、図54の構成に加えて、車両の所定場所に点光源を発生させる特徴発生手段111Cと、その特徴を抽出できる特徴抽出手段112Cをさらに備え、その特徴抽出結果を上記ガイドデータとして、記憶手段110Cに格納できるようになっている。

たとえば、図56は点光源を特徴とするものであり、車両の前方にいくつかのランプ113Cを取り付けている(a)。このランプ113Cが特徴発生手段111Cに対応する。さらに、車両の前側に取り付けられたカメラ1, 2(f)からその車体の前部を撮影した画像を示す(b, c)。特徴抽出手段112Cはその画像から、光っている特徴を画像処理して抽出する(d, e)。

図57(a),(b),(c),(d),(e)は、特徴として、車体の一部の線分を取り上げた例を示す。つまり、車体の右後ろの隅部の線分を画像処理して取り出している。

これらの点光源や、線分は車が移動してもいつもそのカメラに対して位置関係が不変である。そこで、カメラの方向等が振動によって変化した場合、この不変の特徴を利用して、カメラのパラメータを修正できるものである。その具体的やり方を次に説明する。

図58において、黒丸は本来の点光源のあるべき画像を示す。白丸はカメラがずれた場合の撮影した点光源を示す。そこで、(a)のように、ずれた状態の画像が得られる。そこで、上述したようにしてジョイスティック903Cを利用してパラメータを修正して一致させる(b,c)。これによって、簡単にキャリブレーションを行うことができる。

図59の(a,b,c,)は、上述して線分を利用してキャリブレーションを実行した例を示している。

なお、上記特徴の発生は、パターン光を照射する等、他の方法でももちろん発生できる。

次に、別の本発明の一実施例を説明する。

図60は本発明（請求項55の一例）の画像生成装置の構成例を示したブロック図である。

本実施例の画像生成装置は、基本構成として、車両周囲の状況を把握するために取付けられた複数台のカメラ101D、カメラ101Dの特性を示すカメラパラメータを格納しておくカメラパラメータテーブル102D、車両の周囲の状況をモデル化した空間モデル103Dにカメラ101Dより入力された

画像をマッピングするマッピング手段104D、少なくとも位置、向きを含む視点パラメータを格納する視点パラメータテーブル108D、所望の仮想視点から見た一枚の画像を、マッピング手段104Dにて作成されたデータから合成する視点変換手段105D、前記仮想視点のパラメータを修正する視点パラメータ修正手段106D、視点変換手段105Dにて変換された画像を接合して表示する表示手段107Dを備えた構成を有する。

次に、本実施例を構成する各構成要素についての詳細を説明する。

カメラ101Dは、車両の周囲の状況など、監視すべき空間の画像を撮り込むテレビカメラである。このカメラは図43に示したように車両に取り付けられる。

カメラパラメータテーブル102Dは、カメラパラメータを格納するテーブルである。カメラパラメータについては、上述したとおりである。

さて、まずカメラパラメータテーブル102Dの詳細な説明の準備として、車両を基準とした3次元空間座標系を定義する。それは図44で説明した通りである。

カメラパラメータテーブル102Dに格納されているデータは、図45のものと同一である。

本実施例では、視点変換手段105D（後で詳細を説明）によって、車載カメラから撮影した画像を所望の仮想視点から見た画像に変換することが可能である。仮想視点から見た画像とは、具体的には所望の場所に好きな向きに仮にカメラを置いた場合に見えるはずの画像のことである。従って仮想視点の視点パラメータは、前述のカメラパラメータと同じものを用いて表すことが可能である。

図61は、視点パラメータテーブル108Dに格納されているデータを表形式で示したものである。図61では、視点パラメータはそれぞれ3つずつ格納されているが、3つのそれぞれが、それぞれ3台の車載カメラと一対一に対応づけられている。

例えば、カメラ1で撮影された画像は、仮想視点1から見た画像へと視点変換され、カメラ2で撮影された画像は、仮想視点2から見た画像へと視点変換される。

このようにカメラ1台ごとに仮想視点を設定すれば、もしカメラの位置ずれなどによって、表示画面上で他のカメラの画像と該カメラからの画像との接合部分がずれた場合に、ずれたカメラ画像を見ている仮想視点のパラメータのみを変更することによって、直感的にずれを修正することが可能となる。修正方法の詳細は後の視点パラメータ修正手段の説明において説明する。

さて、図61に記載されている内容は、2列目から9列目までの項目が視点パラメータの具体例を示しており、テーブルの左側の列から順に次の通りである。

すなわち、図61の2行目を例にとると、仮想視点1とは、座標(0、0、 $z_2$ )の位置にあり、向きはY-Z平面に対して0度、X-Z平面に対して-90度の角度をなし、視線の中心軸周りの回転はなく、焦点距離は $f_2$ 、レンズ歪み係数 $\kappa_1$ 、 $\kappa_2$ はともに0である、ということが記されている。

マッピング手段104Dは、カメラパラメータに基づいて、車載カメラからの入力画像を構成する各々の画素を空間モデル103Dにマッピングする。すなわち、車載カメラから撮影された各々の画像を空間モデル103Dに透視投影する。

ここで空間モデル103Dとは、マッピング手段104Dにおいて、カメラからの画像を3次元空間座標系にマッピングする立体モデルを指し、例えば、平面もしくは曲面もしくは平面および曲面からなるモデルが使用される。本実施例では、説明を容易にするために、最も単純な空間モデル103Dの一例として路面としての平面モデルを用い、車載カメラからの画像を、該平面モデルにマッピングする方法を説明する。

尚、実用に際しては該単純なモデルでは、高さ成分を持つ物体の歪みが大きくなるなどの問題が生じるため、平面をいくつか組み合わせた空間モデル、平面と曲面を組み合わせた空間モデルなどを用いるとよい。さらには、車両の周囲の障害物の正確な立体モデルを実時間で計測することが可能であれば、該立体モデルを用いると、さらに高精度な合成画像が得られる。

さて、マッピング手段104Dにおけるマッピング処理の説明をする前に、まず視平面座標をワールド座標へ変換する方法について説明する必要があるが、それはすでに、図47に関して説明したのと同様である。

さて、車載カメラで撮影された画像を構成する各々の画素の位置は、一般的に画像面を含む平面上の座標として表されるが、その詳細は既に'233の図7において説明した。

視点変換手段105Dは、車載カメラの画像がマッピング手段104Dによって空間モデル103Dにマッピングされた結果を、任意の仮想視点に設置したカメラから撮影した画像に合成する。その方法の概要は、視点変換手段105Aに関して説明した。

ところで、視点変換手段105Dにおいて、前記任意視点にカメラを置いて見たときの画像を合成する際に、前記合成画像のある画素に対応する空間モ

デル103Dの点に、色がマッピングされていない場合も考えられる。その場合については、すでに説明した。

図62は、マッピング手段104Dによって車載カメラからの入力画像を構成する各々の画素を空間モデル103Dとしての平面にマッピングし、該平面にマッピングされた結果を、仮想視点に設置したカメラから撮影した画像に合成する様子を示した概念図である。

視点パラメータ修正手段106Dは、それぞれのカメラ毎に設けられている仮想視点のパラメータを、それぞれ独立して修正できる。

図63は、視点パラメータ修正手段106Dによって仮想視点パラメータを修正するための操作部の構成例を示したものである。本実施例では、

- ・修正の対象となる仮想視点を選択する、視点選択ボタン1001
- ・仮想視点からの視線の中心軸上を前後に移動する、ズームボタン1004（前向き、後向き）
- ・仮想視点からの視線方向に垂直に視点位置を平行移動する平行移動ボタン1002（画像面に対して上下左右の動き）
- ・仮想視点からの視線方向の変更と、仮想視点からの視線方向周りの回転を修正するジョイスティック1003Dから構成され、
  - （a）ズームボタン1004D、平行移動ボタン1002Dの操作によって、仮想視点の3次元空間位置を、
  - （b）ジョイスティック1003Dによって、仮想視点からの視線方向を、それぞれ変更することができ、上記（a）、（b）の操作によって、それぞれ当該仮想視点パラメータの以下の情報が修正され、視点パラメータテーブル108に上書きされる。

(a) 3次元空間座標系における仮想視点位置のX、Y、Z座標

(b) 仮想視点からの視線方向のうちY-Z平面に対してなす角度 $\alpha$

仮想視点からの視線方向のうちX-Z平面に対してなす角度 $\beta$

仮想視点からの視線の中心軸の周りの回転角度 $\gamma$

同時に、修正された結果は、即座に式(8)に反映する。すなわち、式(8)において、式0に示す回転行列が、新たな視線方向を用いて再度計算されるとともに( $t_x$ ,  $t_y$ ,  $t_z$ )を、新たな仮想視点位置の座標で置き換える。

その結果、変更後の式(8)を用いることによって修正操作の結果としての画像が合成され、操作者は該合成画像を見ることにより、自身の修正の操作が正しいかどうかを一目で確認することが可能である。

ところで、仮想視点のパラメータ修正の操作のうち、仮想視点の向き・位置・回転の操作を変更する操作は、操作の内容と操作結果画像の振る舞いが一致している方が、操作者にとって直感的に分かりやすい。そのためには、パラメータ修正の操作のうちの次の操作、すなわち、

(1) ジョイスティック1003Dの軸を上下左右に動かす、いわゆるカメラの光軸の向きの調整に相当する操作

(2) ジョイスティック1003Dの軸自身を回転させる、いわゆるカメラの光軸周りの回転の調整に相当する操作

(3) 平行移動ボタン1002Dの操作によって、仮想視点からの視線方向に垂直に視点位置を平行移動する操作の3通りの操作は、本発明の請求項57に記載のごとく、仮想視点の向き・位置・回転の操作を変更する操作方向と、実際の視点パラメータの変更方向の関係を、互いに逆方向とする。

すなわち、例えばジョイスティック 1003D を例に挙げると、ジョイスティック 1003D の操作によって傾けられた軸の向きと同じように視線の中心軸を設定するのではなく、ジョイスティック 1003D の軸を動かした向きとは反対の方向に同じだけ視線方向を動かし、動かした後の状態を変更された視線方向として視線パラメータテーブル 102D に書き込めばよい。例えば、ジョイスティック 1003D を右に 10 度傾けたとすると、その時の視点パラメータ値は、視線方向が現在の視線に対して左に 10 度傾いた値とする。同様に、ジョイスティック 1003D を時計回りに 5 度回転させたとすると、その時の視点パラメータ値は、視線の中心軸周りの回転角度を、反時計回りに 5 度回転させた値とする。平行移動ボタン 1004D の操作についても同様である。

図 64 は本発明の画像生成装置に関連のある技術の構成例を示したブロック図である。

ここでは、図 60 の構成に対して、さらに、カメラ入力画像と合成画像との間の画素の対応づけ関係を保持するマッピングテーブル 109D を備えている。

このマッピングテーブル 109D を表形式で示した概念図は、図 50 と同じ内容であるので詳細は省略する。テーブルは、表示手段 107D にて表示する画面の画素数分のセルから構成されている。

このような画像生成装置では、視点パラメータ修正手段によって、視点パラメータが修正されたら、カメラ入力画像と合成画像との間の画素の対応づけ関係のうち、該修正によって変更の生じる部分を、上記手順に従って再度計算し書き換えればよい。



マッピングテーブル 1 0 9 D が作成されている場合は、表示手段 1 0 7 D は、マッピング手段 1 0 4 D および視点変換手段 1 0 5 D での処理結果を用いて、合成画像を表示するのではなく、該テーブルを用いて、カメラ画像を表示画像に直接置き換えるようにする。これにより複数カメラ画像の合成処理の高速化が可能となる。

さらに、前記視点パラメータ修正手段によって、仮想視点の位置、向きなどが変更された場合の、他のマッピングテーブルの高速な修正方法を示す。

図 6 5 (a) は本発明の画像生成装置に関連する技術の構成例を示したブロック図、(b) は視点パラメータ修正前の車載カメラ合成画像例を示す概念図、(c) は視点パラメータ修正後の車載カメラ合成画像例を示す概念図である。

本画像生成装置では、先の装置に、さらに、視点パラメータ修正手段での処理によって変更された視点パラメータを用いて、前記マッピングテーブルを再計算するマッピングテーブル修正手段 1 1 0 D、マッピングテーブル修正手段 1 1 0 D の処理途中のデータを一時的に格納するバッファ 1 1 1 D を備えた構成となる。

このマッピングテーブル修正手段 1 1 0 D により、視点パラメータの修正結果を式 (8) に反映させて、この式 (8) の複雑な計算をすることなく、上記マッピングテーブルの内容を変更することが可能である。以下で該マッピングテーブルの変更方法を手順を追って説明する。

尚、図 6 6 (a) ~ (c) は、該マッピングテーブルの変更方法の説明の補助に使用する概念図であり、灰色で示されている平行四辺形は仮想視点修正前の画像面、白色で示されている平行四辺形は仮想視点修正後の画像面を

表している。また、仮想視点パラメータを修正するための操作部の構成が図 6 3 のようであるとする。

処理 1. : マッピングテーブルの変更結果を一時的に格納するバッファ 1 1 1 D を予め設けておく。

処理 2. : 視点パラメータ修正手段によって、平行移動、方向、回転、ズームのいずれかの視点パラメータ修正情報を得、この情報内容に応じて以下の 4 つのいずれかの処理により、仮想視点修正前の表示座標 (u, v) と修正後の表示座標 (u', v') の対応関係のデータ (以下、テーブル変換データ) を計算し、バッファ 1 1 1 D に書き込む。

#### (1) 平行移動ボタン操作

平行移動の場合、図 6 6 (a) に示すように、平行移動ボタンによって移動前と移動後の画素単位での移動距離 (d u, d v) を獲得し、式 (1 0) によって、変更前の座標 P 1 と変更後の座標 P 1' の関係を求め、上記関係をバッファ 1 1 1 D に書き込む。

$$\begin{aligned} \text{式 1 0} \quad P_1 : (u_1, v_1) &\rightarrow P'_1 : (u'_1, v'_1) \\ &= (u_1 - d u, v_1 - d v) \end{aligned}$$

#### (2) ジョイスティックによる方向修正操作

仮想視点からの視線方向の場合、図 6 6 (b) に示すように、変更前と変更後の角度の変位分 ( $\theta$ ,  $\phi$ ) を獲得し、式 (1 1) および式 (1 2) によって、変更前の座標 P 2 と変更後の座標 P 2' の関係を求め、上記関係をバッファ 1 1 1 D に書き込む。

式11

$$u'_2 = \frac{u - d \cdot \tan \theta}{1 + \frac{u_2}{d} \cdot \tan \theta}$$

式12

$$v'_2 = \frac{u - d \cdot \tan \phi}{1 + \frac{v_2}{d} \cdot \tan \phi}$$

## (3) ジョイスティックによる回転操作

仮想視点からの視線方向周りの回転を修正する場合、図66(c)に示すように、変更前と変更後の回転角度 $\rho$ を獲得し、式(13)によって、変更前の座標 $P_3$ と変更後の座標 $P_3'$ の関係を求め、上記関係をバッファ111Dに書き込む。

式13

$$P_3 : (u_3, v_3) \rightarrow P'_3 : (u'_3, v'_3) \\ = (u_3 \ v_3) \begin{pmatrix} \cos \rho & \sin \rho \\ -\sin \rho & \cos \rho \end{pmatrix}$$

## (4) ズームボタン操作

ズーム(倍率)を修正する場合、ズームボタンによって変更前に対する変更後の倍率 $k$ を獲得し、式(14)によって、変更前の座標 $P_4$ と変更後の座標 $P_4'$ の関係を求め、上記関係をバッファ111Dに書き込む。

式 1 4

$$\begin{aligned} P_4 : (u_4, v_4) &\rightarrow P'_4 : (u'_4, v'_4) \\ &= (k \cdot u_4, k \cdot v_4) \end{aligned}$$

処理 3. : バッファ 1 1 1 D を参照しマッピングテーブルを変更する。

上記処理 2. によって、マッピングテーブルの各セルの座標 1 の変更内容が、例えば以下のようなテーブル変換データとして、バッファ 1 1 1 D に書き込まれている。

(修正前の座標 : P、修正後の座標 : P' )

該データを参照し、マッピングテーブルのすべてのセルについて、下記の

(a) (b) の条件を満たせば、該セルの修正前の座標 1 : P を、前記テーブル変換データの修正後の座標 P' に変更する。

(a) セルのカメラ番号が修正対象となった仮想視点に対応する車載カメラ番号と一致する。

(b) セルの修正前の座標 1 : P が、前記テーブル変換データの左側の項の座標と一致する。

なお、カメラ番号が修正対象となった仮想視点に対応する車載カメラ番号と一致するが、座標 1 の修正の行われなかったセルは、修正された仮想視点から見たときの視野範囲外になっていると考えられるため、表示手段における表示エリア外の座標値を書き込む。またその場合は、表示手段では、表示できない座標値が入力されたら視野外を示す色として、例えば黒を表示するなどとするればよい。

以上、本発明による画像生成装置を構成するそれぞれの手段の実施例を説

明した。最後に、本発明による画像生成装置における修正処理の流れを図を用いて説明する。

図67は、本発明の画像生成装置における視点パラメータの修正処理の流れを示すフローチャート、図68(a)～(c)は、視点パラメータの修正処理の説明の補助に使用する概念図である。

1. (処理1501) 視点選択ボタン1001Dなどで修正対象となる仮想視点を選択する。その際には画面上には、図68(a)のごとく、合成画像がずれている様子が表示されている。
2. (処理1502) 本発明の請求項58に記載のごとく、修正中の仮想視点を仮の仮想視点(例えば修正前の視点)に置き換え固定する。
3. (処理1503) ズームボタン1004D、平行移動ボタン1002D、ジョイスティック1003Dを用いて、仮想視点の3次元空間位置と、視線の向きを修正する。修正処理中は、上記2の処理によって視点が固定されているため、あたかも視点部分においたカメラを手で調整しているかのごとく、視点修正の作業を行うことができる。修正がうまくできれば、例えば図68(b)の画面を経て、図68(c)のごとく、ずれのない様子が表示される。
4. (処理1504) 当該仮想視点の修正が終了すると、修正後の視点パラメータを視点パラメータテーブル108に書き込む。
5. (処理1505) 他に修正の必要があるカメラがあれば、続いて前記カメラを選択し、上記処理1501～1504を繰り返す。無ければ次の処理1506に進む。
6. (処理1506) 仮想視点の仮の仮想視点に固定する状態を解除する。その合成結果、画面は、図68(c)のごとく、ずれのない画像が表示され

ており、その確認でもって視点パラメータ修正処理を終了する。

尚、図68(a)～(c)の概念図に示したごとく、各々の車載カメラからの画像を接合する部分においては、本発明(請求項59の一例)のように、該接合部分に、見た目に違和感を与えない程度のマーカ(例えば点線)などを印しておく、どのカメラの画像がどこに表示されているかが分かり易くなる。

以上のように、本発明では限られた台数のカメラからの画像を用いて任意の仮想視点からの画像を合成する。車両走行中の振動などにより、カメラの位置、向きがずれた場合、従来では、カメラそのものの微調整によってずれを元通りにするという方法をとっていたため、前記ずれた画像を他の画像に合せ込む作業が困難であった。しかし本発明では、仮想視点という概念を導入し、該仮想視点から見た画像を見ながら、視点パラメータ修正手段によって、ずれの生じた画像のみを、あたかも仮想視点においたカメラを調整するかのごとく、修正することができる。その際、視点の位置の移動、向きの変更後の状態を、都度画像としてフィードバックするため、修正作業者は、表示画像を都度確認しながら最適の画像を得ることができるため、従来に比べて、画像のずれの合せ込み作業が格段に容易になるし、微少なずれであれば、大規模な装置を用いてのカメラパラメータの再調整も必要ではなくなる。

また、本発明では、実際のカメラの向きを調整するのではなく、仮想に設けた視点の向き、位置などのパラメータを修正するので、カメラの向きを変更する機構が必要でなくなり、装置のコストを低価格に押さえることが可能となる。

### 産業上の利用可能性

本発明の画像生成装置は、車両周囲監視、店舗内監視等の分野に応用でき、それぞれのカメラから撮影された画像を用いて、あたかも仮想視点から実際見ているような感覚を持つ合成画像を簡単に作り出すことが出来る。

また、カメラの方向がずれた場合でも、画像上容易に修正できるという長所を有する。

## 請 求 の 範 囲

1. 一台もしくは複数台のカメラと、前記カメラからの入力画像を、所定の3次元空間の所定の空間モデルにマッピングする空間再構成手段と、前記空間再構成手段によってマッピングされた空間データを参照して、前記所定の3次元空間における任意の仮想視点から見た画像を作成する視点変換手段と、前記視点変換手段にて変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする画像生成装置。

2. 前記カメラの特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルとを備え、前記空間再構成手段は前記カメラパラメータに基づいて、マッピングを行うことを特徴とする請求項1記載の画像生成装置。

3. 前記空間モデルは、前記3次元空間における所定の平面であることを特徴とする請求項1記載の画像生成装置。

4. 前記カメラは車両に取り付けられており、前記所定の平面はその車両の下の路面であることを特徴とする請求項3記載の画像生成装置。

5. 前記視点変換手段は、前記空間モデルの所定の点Pを、前記仮想視点からの画素として構成する際に、前記点Pが、唯一のカメラで撮影した画像に対応づけられている場合、前記画素の色を、そのカメラからの画像の画素の色を用いて決めることを特徴とする請求項1記載の画像生成装置。

6. 前記視点変換手段は、前記空間モデルの所定の点Pを、前記仮想視点からの画素として構成する際に、前記点Pが、前記複数台のカメラで撮影した画像と対応づけられている場合、前記画素の色を、それらの複数台のカメラで撮影した画像の画素の色を用いて決めることを特徴とする請求項1記載の画像生成装置。



7. 前記視点変換手段は、前記空間モデルの所定の点Pを、前記仮想視点からの画素として構成する際に、前記点Pがいずれのカメラで撮影した画像とも対応づけられていない場合、前記画素の色を、前記点Pの周囲の点の色を用いて補間した色を用いて、もしくは物体が存在しない部分であると識別可能な色を用いて決めることを特徴とする請求項1記載の画像生成装置。

8. 前記カメラ特性を示すカメラパラメータを、入力もしくは計算によって、得るキャリブレーション手段を備えたことを特徴とする請求項2に記載の画像生成装置。

9. 前記計算によってカメラパラメータを得るために必要な複数個の特徴点を、人手入力もしくは自動抽出によって獲得する特徴点抽出手段が備えられ、

前記キャリブレーション手段は、前記特徴点抽出手段において抽出された特徴点を用いて、各種カメラパラメータのうち、少なくとも、カメラの取り付け位置、カメラの取り付け角度、カメラのレンズ歪み補正值、カメラのレンズの焦点距離のいずれかを計算することを特徴とする請求項8記載の画像生成装置。

10. 前記特徴点抽出手段は、前記3次元空間における座標値が既知の複数個の特徴点を抽出する機能を含み、

前記キャリブレーション手段は、前記複数個の特徴点を用いて、前記カメラパラメータを計算することを特徴とする請求項9記載の画像生成装置。

11. 前記カメラは車両に取り付けられており、その車両の一部に設けられたマーカが、前記3次元空間における座標値が既知の複数個の特徴点として用いられることを特徴とする請求項10記載の画像生成装置。

12. 前記カメラの視野内に、前記3次元空間における座標値が既知の複数個の特徴点を生成する特徴点生成手段を備えたことを特徴とする請求項10に記載の画像生成装置。

13. 前記特徴点生成手段は、前記カメラの視野内に、前記特徴点としてのパターン光を照射する機能を有することを特徴とする請求項12記載の画像生成装置。

14. 温度を測定する温度センサーと、温度に応じて変化する前記カメラパラメータの変化量を格納する温度補正テーブルとを備え、

前記キャリブレーション手段は、前記温度センサーの温度を逐次監視し、温度変化に応じて、前記温度補正テーブルに基づいて前記カメラパラメータを修正する機能を有することを特徴とする請求項8～13のいずれかに記載の画像生成装置。

15. 前記カメラのそれぞれに対して、前記温度センサーは、前記カメラの近くもしくは付随して取付けられていることを特徴とする請求項14記載の画像生成装置。

16. 前記カメラは車両に取付けられていることを特徴とする請求項1、2、3、又は5～10のいずれか、又は12～15のいずれかに記載の画像生成装置。

17. 前記空間再構成手段にて作成された空間データは一時的に空間データバッファに格納されており、前記車両の移動方向を検出する移動方向検出手段と、車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出手段と、前記移動方向検出手段によって検出された車両の移動方向、および前記移動距離検出手段によって検出された車両の移動距離を用いて、前記空間データバ

ツファに格納された空間データを変換する空間データ変換手段と、を備えたことを特徴とする請求項 4， 11 又は 16 に記載の画像生成装置。

18. 前記カメラは車両に取り付けられており、そのカメラのキャリブレーションが必要な状況を検知し、キャリブレーションが必要である場合に、カメラキャリブレーションの指示を行うカメラ補正指示手段と、前記カメラキャリブレーションを行った日時又は走行距離を記録する補正履歴記録手段とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の画像生成装置。

19. 前記カメラ補正指示手段は、前記補正履歴記録手段を参照し、前回のキャリブレーションの日時から一定以上の日時が経過したとき、又は、前回のキャリブレーションから一定以上の距離を走行したとき、運転者にカメラキャリブレーションを実施するよう指示する機能を有することを特徴とする請求項 18 に記載の画像生成装置。

20. カメラのキャリブレーションを行った日時又は走行距離を記録する補正履歴記録手段と、前記補正履歴記録手段を参照し、前回のキャリブレーションの日時から一定以上の日時が経過したとき、又は、前回のキャリブレーションから一定以上の距離を走行したとき、運転者にカメラキャリブレーションを実施するよう指示するカメラ補正指示手段とを備え、カメラキャリブレーションの必要性を適切に指示することを特徴とするカメラキャリブレーション指示装置。

21. 少なくとも一台のカメラと、温度を測定する温度センサと、前記温度センサが測定した温度に基づいて、カメラ特性を示すカメラパラメータを決定するキャリブレーション手段と、を備えたことを特徴とするカメラキャリブレーション装置。

22. 前記キャリブレーション手段は、前記カメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、温度の変化に応じて変化する前記カメラパラメータの変化量を格納した温度補正テーブルとを有し、温度の変化に応じて、前記温度補正テーブルを参照して、前記カメラパラメータを変更することを特徴とする請求項20記載のカメラキャリブレーション装置。

23. 少なくとも一台のカメラと、前記カメラが位置づけられた3次元空間における座標値が既知の複数個の特徴点を、前記カメラの視野内に生成する特徴点生成手段と、前記複数個の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、前記抽出された複数個の特徴点を用いて、前記カメラの特性を表すカメラパラメータを計算するキャリブレーション手段とを備えたことを特徴とするカメラキャリブレーション装置。

24. 前記特徴点生成手段は、前記カメラの視野内に、前記特徴点としてのパターン光を照射する機能を有することを特徴とする請求項23記載のカメラキャリブレーション装置。

25. 所定の3次元空間に存在するカメラからの入力画像を、前記所定の3次元空間の所定の空間モデルにマッピングして空間データを作成する空間再構成工程と、前記空間データを参照して、前記三次元空間における任意の仮想視点から見た画像を作成する視点変換工程とを備え得たことを特徴とする画像生成方法。

26. 前記空間モデルは、前記3次元空間の一部をなす平面であることを特徴とする請求項16記載の画像生成方法。

27. 前記カメラの特性を表すカメラパラメータを用いて前記マッピングが行われることを特徴とする請求項25記載の画像生成方法。

28. 前記カメラ特性を示すカメラパラメータを、入力または計算によって得るキャリブレーション工程を備えたことを特徴とする請求項27記載の画像生成方法。

29. 前記キャリブレーション工程は、計算によってカメラパラメータを得るものであって、そのために、前記カメラパラメータの計算に必要な複数の特徴点を、人手による入力もしくは自動抽出によって、獲得する特徴点抽出工程を有することを特徴とする請求項28記載の画像生成方法。

30. 前記カメラの視野内に、前記3次元空間における座標値が既知の複数の特徴点を生成する特徴点生成工程を備えたことを特徴とする請求項29記載の画像生成方法。

31. 前記特徴点生成工程は、前記カメラの視野内に、前記特徴点としてのパターン光を照射するステップを少なくとも含むことを特徴とする請求項30記載の画像生成方法。

32. 前記カメラは車両に取り付けられており、

前記車両の移動方向を検出する移動方向検出工程と、前記車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出工程と、前記移動方向検出工程によって検出された車両の移動方向、および前記移動距離検出工程によって検出された車両の移動距離を用いて、前記空間データを変換する空間データ変換工程とを包含することを特徴とする請求項25に記載の画像生成方法。

33. 前記カメラは車両に取り付けられており、

前記カメラのキャリブレーションが必要な状況を検知し、キャリブレーションが必要である場合に、カメラキャリブレーションの指示を行うカメラ補正指示工程と、カメラキャリブレーションを行った日時又は走行距離を記録

する補正履歴記録工程とを包含することを特徴とする請求項 25 に記載の画像生成方法。

34. 前記カメラは車両に取り付けられており、前記空間再構成手段は、前記空間モデルを作成する空間モデル作成手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

35. 前記空間モデルは、1 つ以上の平面モデル、もしくは 1 つ以上の曲面モデル、もしくは 1 つ以上の平面と 1 つ以上の曲面との組み合わせた空間モデルであることを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

36. 前記空間モデル作成手段は、少なくとも路面としての第 1 の平面と、前記第 1 の平面と交わる少なくとも 1 つ以上の第 2 の平面とを空間モデルとして作成することを特徴とする請求項 1 に記載の画像生成装置。

37. 距離を計測する距離センサと、車両周囲の状況として、少なくとも車両周囲に存在する障害物までの距離を前記距離センサを用いて計測する障害物検知手段を備え、

前記空間モデル作成手段において作成される前記第 2 の平面は、前記障害物検知手段にて検知された、車両から障害物までの距離が所定の値より小さい場合に、作成されることを特徴とする請求項 36 に記載の画像生成装置。

38. 前記空間モデル作成手段において作成された前記第 2 の平面は、前記車両から障害物までの距離が前記所定の値より大きくなった場合に、前記空間モデルから除去されることを特徴とする請求項 37 に記載の画像生成装置。

39. 前記空間モデル作成手段は、前記車両の周囲の状況に応じた空間モデルを作成することを特徴とする請求項 34 記載の画像生成装置。

40. 距離を計測する距離センサと、前記車両の周囲の状況として、少なく

とも車両周囲に存在する障害物までの距離を前記距離センサを用いて計測する障害物検知手段とを備えたことを特徴とする請求項 39 記載の画像生成装置。

41. 前記車両状況は、前記車両の周囲の路面の状態であり、その路面の状態の特徴を検知する路面特徴検出手段が備えられていることを特徴とする請求項 39 記載の画像生成装置。

42. 前記路面の状態の特徴として、駐車スペースを示す白線、若しくは白線の端点、もしくは白線の交わる角を利用することを特徴とする請求項 41 記載の画像生成装置。

43. 前記車両の移動方向を検出する移動方向検出手段と、前記車両の単位時間における移動距離を検出する移動距離検出手段をさらに備え、前記移動方向検出手段および前記移動距離検出手段での処理結果を用いて求めた前記路面上の特徴の現在位置にもとづいて、前記空間モデルを逐次修正することを特徴とする請求項 39 記載の画像生成装置。

44. 前記表示手段において前記路面特徴検出手段における処理結果を表示しつつ、前記処理結果を修正する特徴修正手段を備えたことを特徴とする請求項 39 または 41 記載の画像生成装置。

45. 一台もしくは複数台のカメラと、前記カメラの特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、前記カメラからの入力画像を前記カメラパラメータを用いて 3 次元空間の所定の空間モデルにマッピングするマッピング手段と、少なくとも位置と向きに関するデータを含む仮想視点パラメータを複数視点分格納する視点パラメータテーブルと、前記マッピング手段によってマッピングされた空間データを参照して、前記所定の 3

次元空間における前記複数の仮想視点から見た画像をそれぞれ作成する視点変換手段と、前記カメラのパラメータを修正するカメラパラメータ修正手段とを備えたことを特徴とする画像生成装置。

46. 前記視点変換手段は、前記カメラパラメータ修正手段での処理時と通常動作時とで前記仮想視点を切り替えることを特徴とする請求項45記載の画像生成装置。

47. 前記視点変換手段は、前記カメラパラメータ修正手段での処理時は、前記仮想視点を、前記カメラのいずれかのカメラのパラメータに基づいて決定することを特徴とする請求項46記載の画像生成装置。

48. 前記視点変換手段は、前記カメラパラメータ修正手段での処理時は、前記仮想視点を、該修正を行っているカメラの、修正処理前のカメラパラメータに基づいて決定することを特徴とする請求項47記載の画像生成装置。

49. 前記視点変換手段において、視点の向きを変更する操作の向きと、前記視点の向きとの関係を、互いに逆方向とすることを特徴とする請求項45～48のいずれかに記載の画像生成装置。

50. 前記表示手段は、各々のカメラからの画像を表示する際に、各々の画像の接する境界部分で、境界を示すマークを合成画像に重ね合わせて表示することを特徴とする請求項45～49のいずれかに記載の画像生成装置。

51. 前記カメラパラメータを修正するためのガイドとなるガイドデータを格納するガイドデータ記憶手段と、前記カメラからの入力画像と前記ガイドデータを重畳して表示する表示手段とを備えたことを特徴とする請求項45記載の画像生成装置。

52. 前記カメラは車両に取り付けられていることを特徴とする請求項45



～ 5 1 のいずれかに記載の画像生成装置。

5 3．前記ガイドデータは、前記車両のボディの特徴を点及び／又は線分で表したものであることを特徴とする請求項 5 2 記載の画像生成装置。

5 4．前記カメラが位置づけられた 3 次元空間における座標値が既知の複数個の特徴点を、前記カメラの視野内に生成する特徴点生成手段と、前記複数個の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、前記抽出された複数個の特徴点を用いて、前記ガイドデータが得られることを特徴とする請求項 5 2 記載の画像生成装置。

5 5．一台もしくは複数台のカメラと、前記カメラから画像を入力する画像入力手段と、前記カメラ特性を示すカメラパラメータを格納するカメラパラメータテーブルと、前記カメラパラメータを用いて、前記入力画像を構成する各々の画素を、前記車両の周囲の状況をモデル化した、所定の 3 次元空間における所定の空間モデルに、マッピングするマッピング手段と、少なくとも位置及び向きデータを含む仮想視点パラメータを複数視点分 格納する視点パラメータテーブルと、前記マッピング手段によってマッピングされた空間データを参照して、前記所定の 3 次元空間における、前記視点パラメータテーブルの前記複数個の仮想視点から見た画像をそれぞれ作成する視点変換手段と、前記視点パラメータテーブルの内容を修正する視点パラメータ修正手段と、前記視点変換手段によって変換された画像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする画像生成装置。

5 6．前記複数の仮想視点は、前記カメラにそれぞれ対応していることを特徴とする請求項 5 5 記載の画像生成装置。

5 7．前記視点パラメータ修正手段における、前記仮想視点パラメータの変

更操作のうち、少なくとも向き・位置・回転の操作については、操作方向と実際の視点パラメータの変更との関係を、互いに逆とすることを特徴とする請求項 55 または 56 記載の画像生成装置。

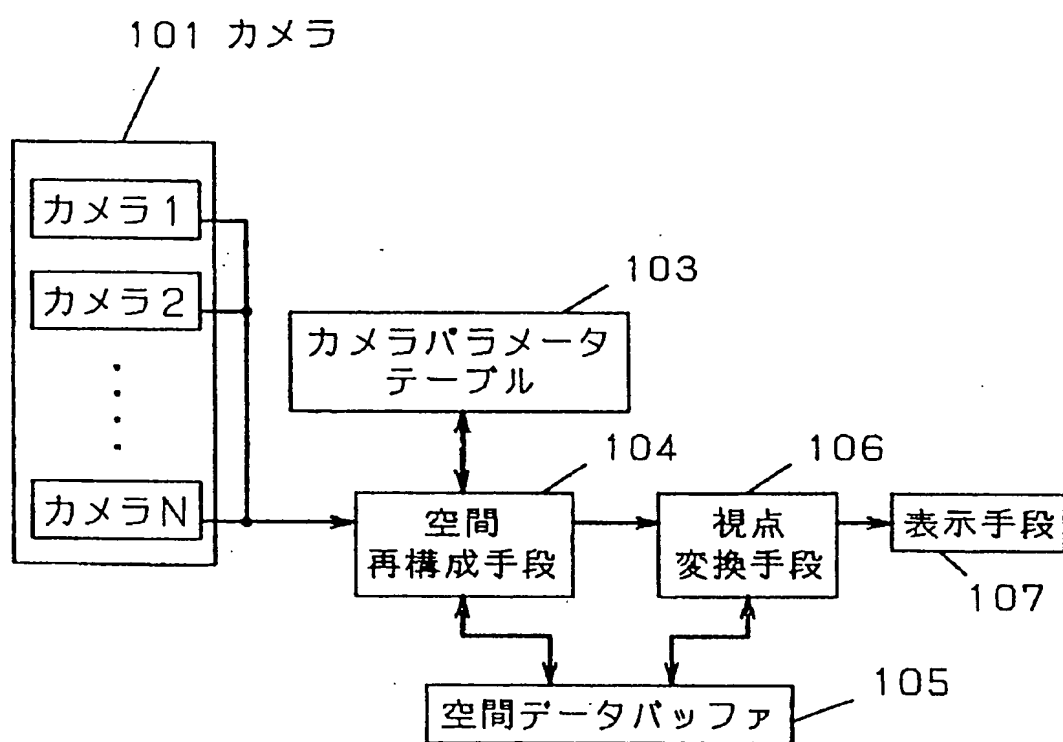
58. 前記視点パラメータ修正手段によって前記仮想視点パラメータ修正する際は、固定した仮の仮想視点を設け、当該修正中の仮想視点での修正経過を、前記仮の仮想視点からの画像として逐次合成表示することを特徴とする請求項 55 ～ 57 のいずれかに記載の画像生成装置。

59. 前記表示手段は、各々のカメラからの画像を表示する際に、各々の画像の接する境界部分で、境界を示すマークを合成画像に重ね合わせて表示することを特徴とする請求項 55 ～ 58 のいずれかに記載の画像生成装置。

60. 前記カメラは車両に取り付けられていることを特徴とする請求項 55 ～ 59 のいずれかに記載の画像生成装置。

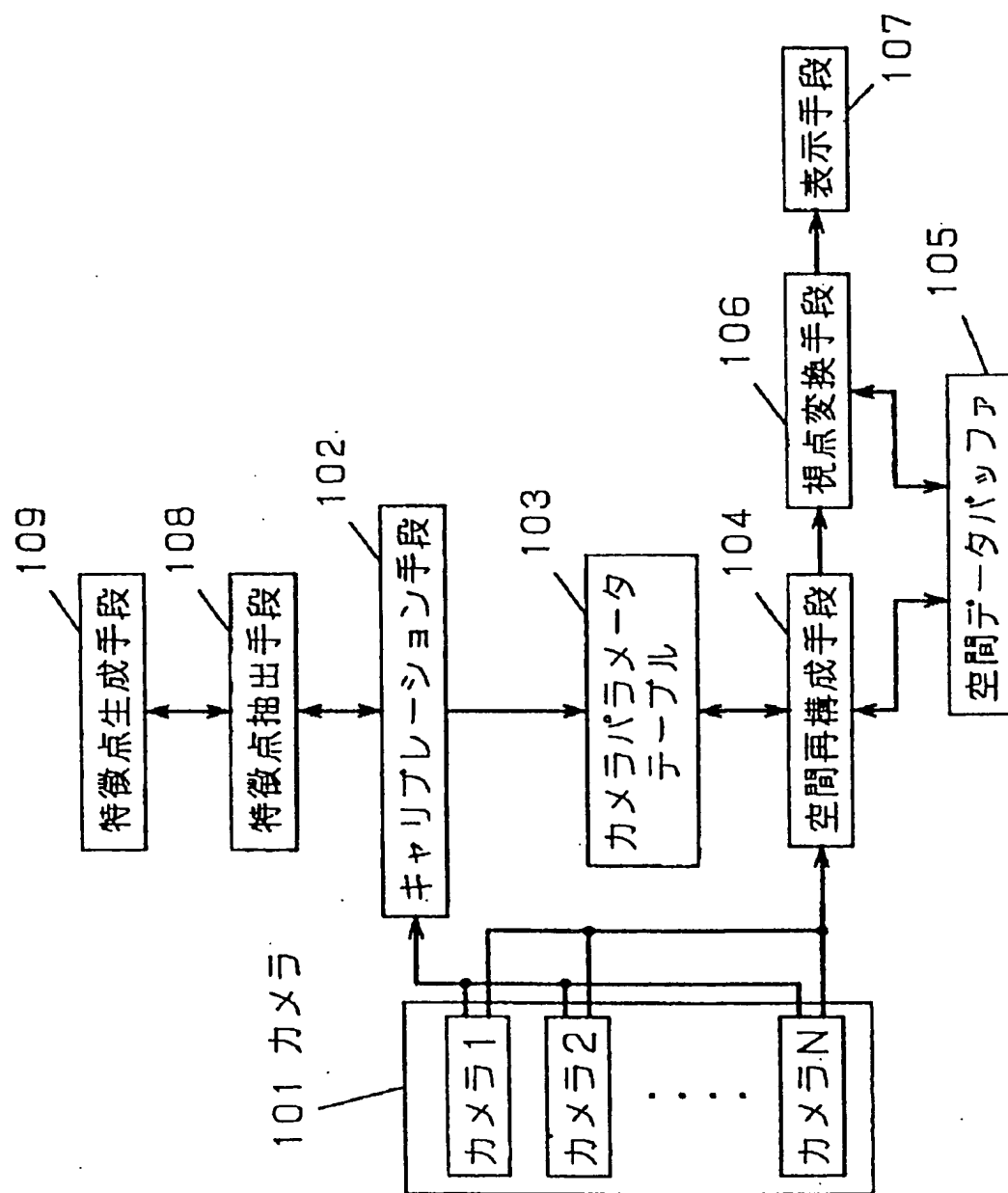
1 / 6 7

第 1 図



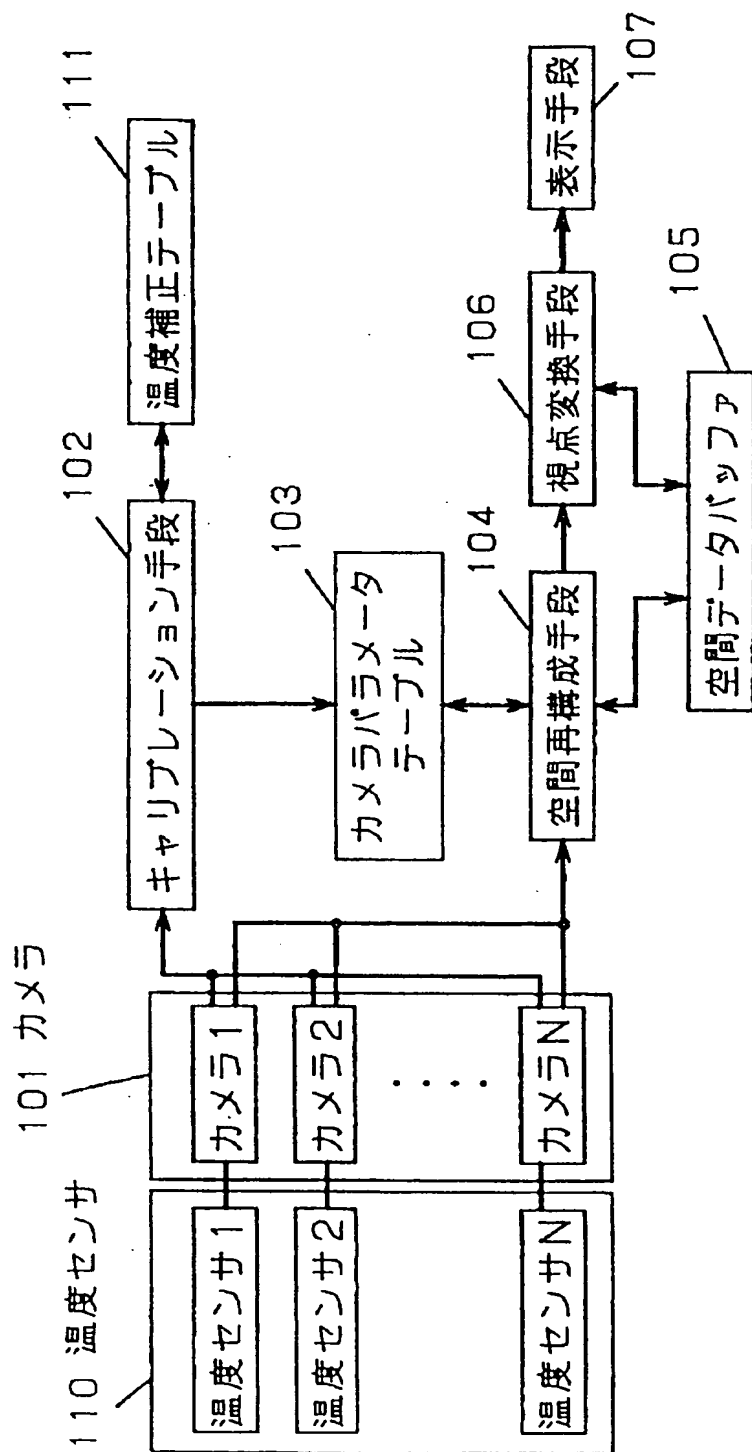
2 / 6 7

第2図



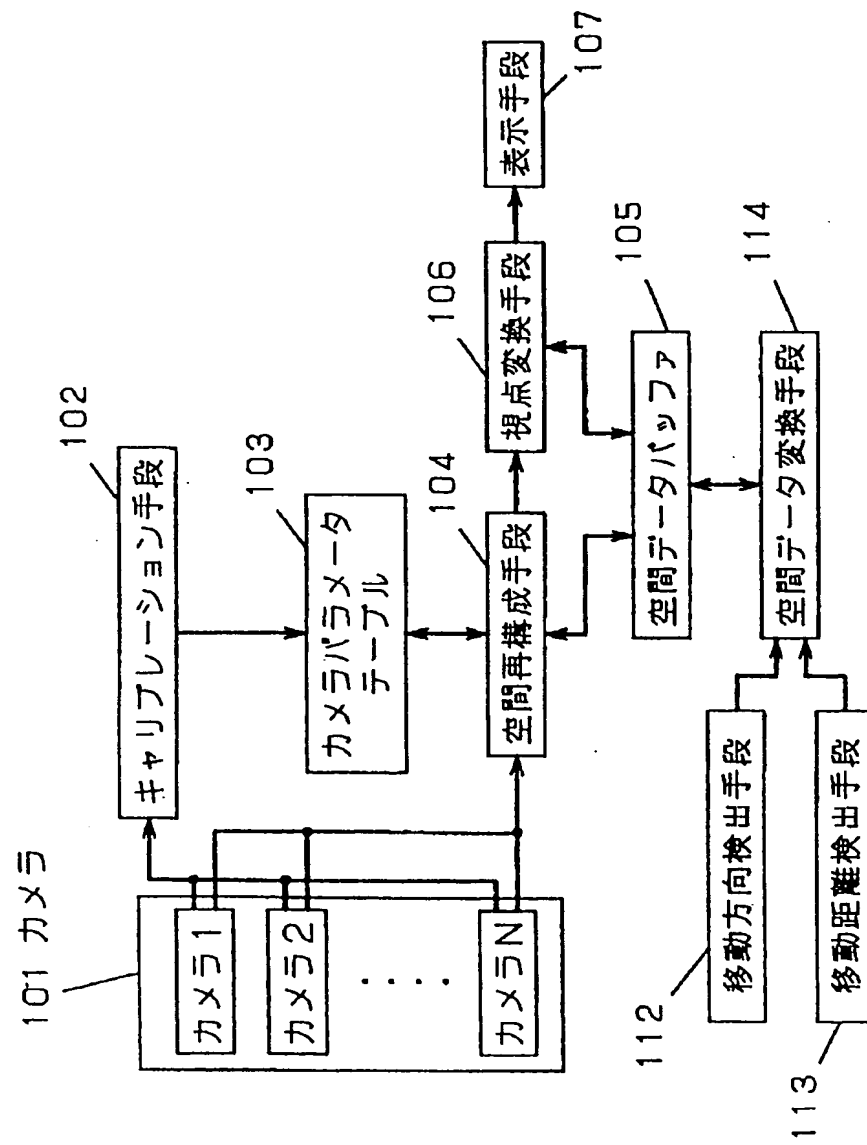
3 / 6 7

第3図



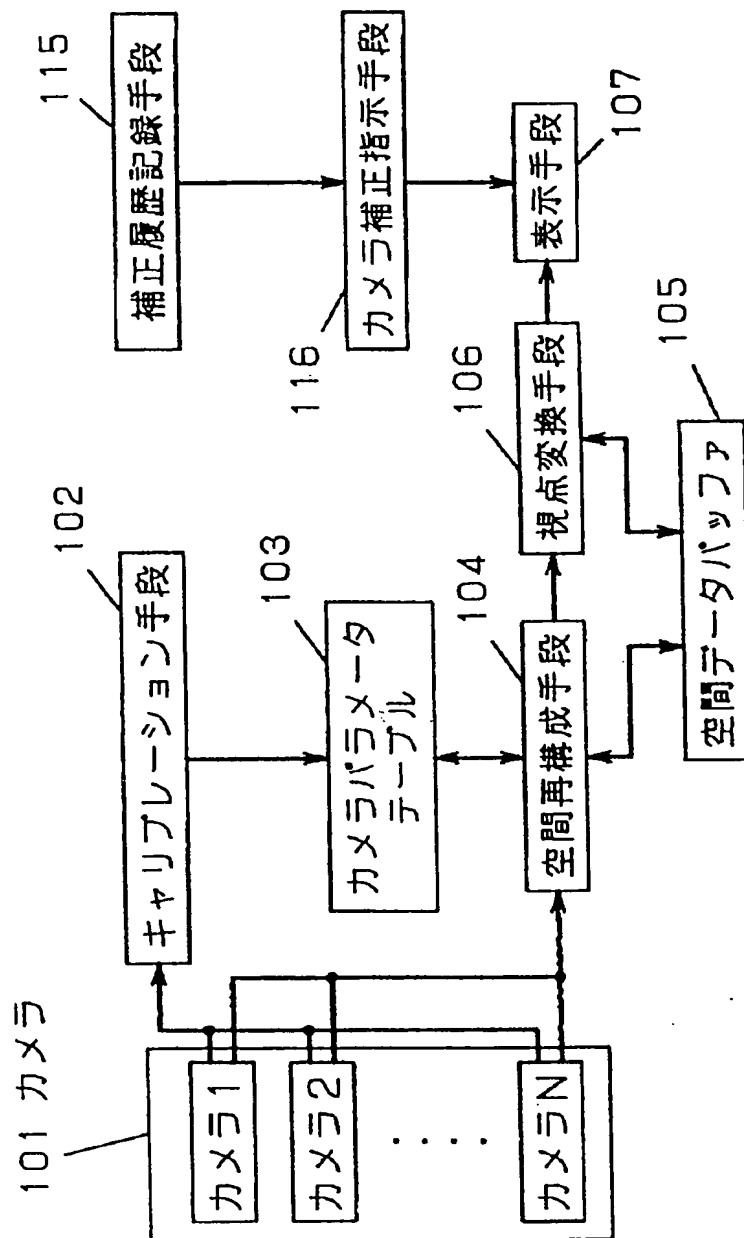
4 / 6 7

第4図



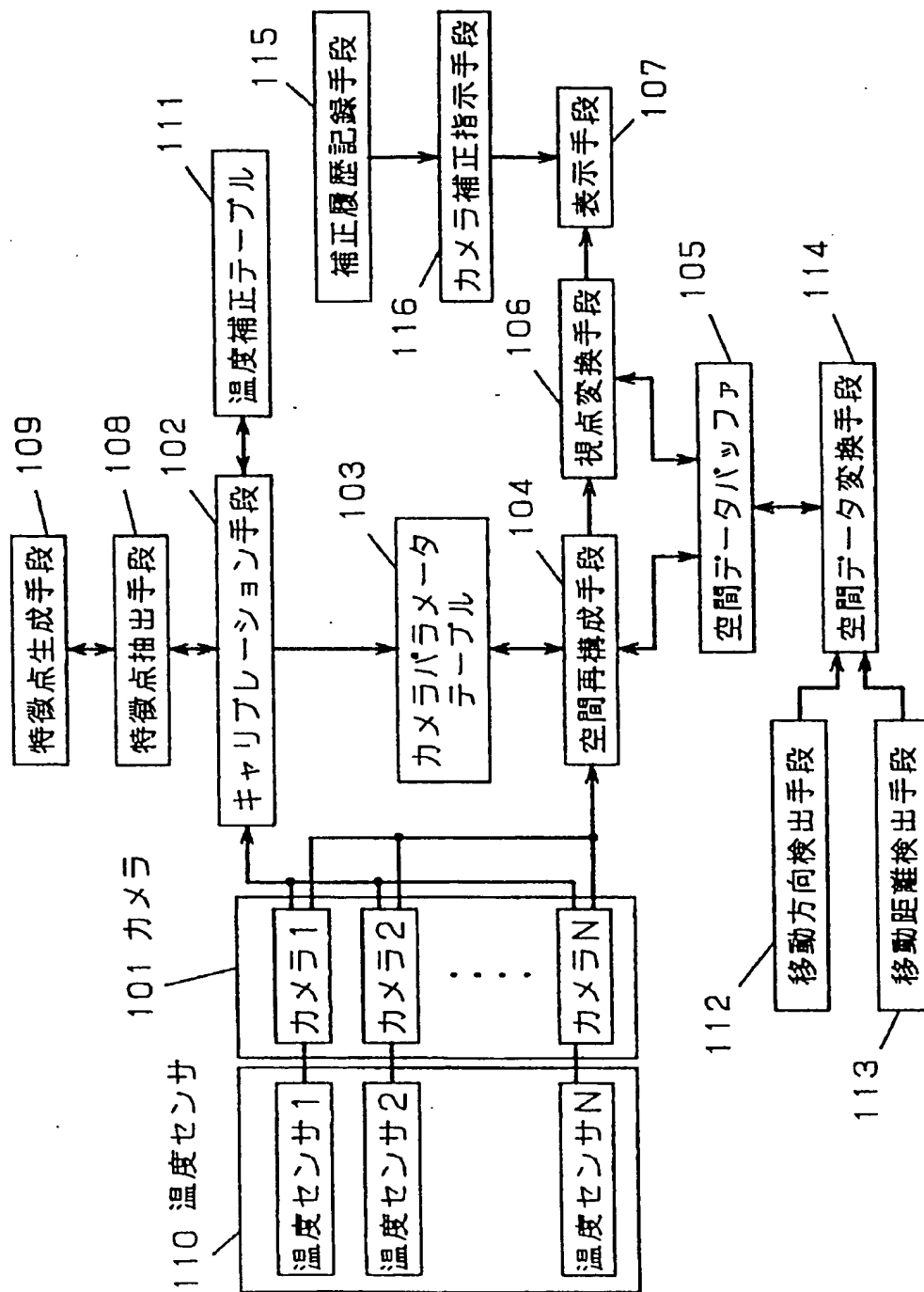
5 / 6 7

第5図



6 / 6 7

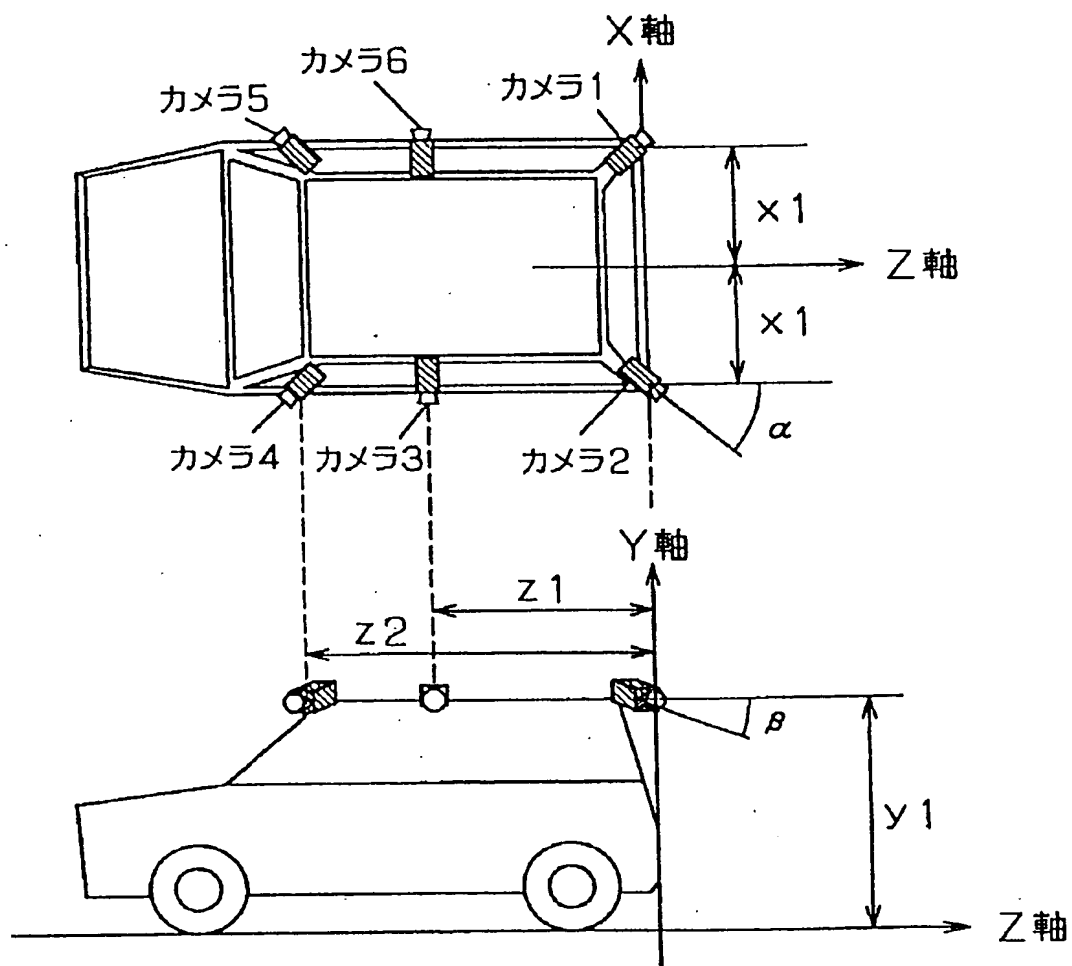
第6図





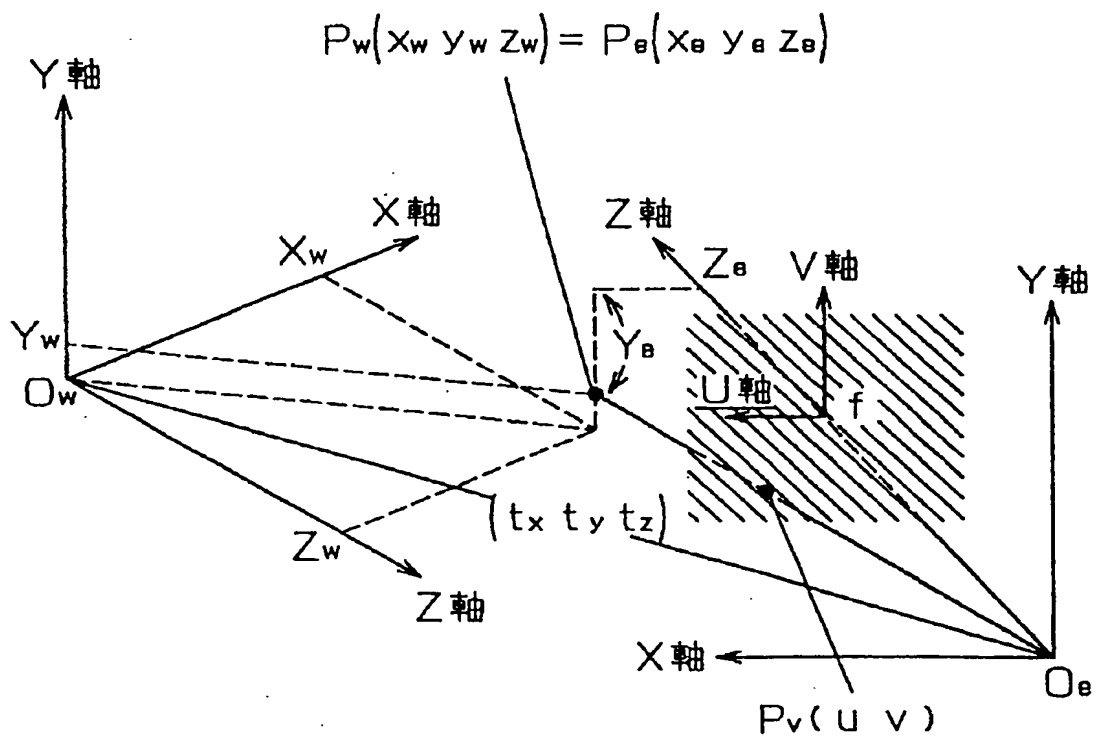
7 / 6 7

第7図



8 / 6 7

第8図



9 / 6 7

第9図

カメラ 番号	X座標	Y座標	Z座標	角度 $\alpha$ (度)	角度 $\beta$ (度)	焦点距離	歪み $k_1$	歪み $k_2$
カメラ1	x1	y1	0	45	-30	f1	0	0
カメラ2	-x1	y1	0	-45	-30	f2	0	0
カメラ3	-x1	y1	z1	-90	-30	f3	0	0
カメラ4	-x1	y1	z1	-135	-30	f4	0	0
カメラ5	x1	y1	z2	135	-30	f5	0	0
カメラ6	x1	y1	z2	90	-30	f6	0	0
仮想カメラ	0	y1	0	0	-20	f	0	0

1 0 / 6 7

## 第 1 0 図

温度範囲 (℃)	焦点距離 補正值	歪み $\kappa 1$ 補正值	歪み $\kappa 2$ 補正值
0度以下	df1	$\kappa 11$	$\kappa 21$
40度以上	df2	$\kappa 12$	$\kappa 22$

1 1 / 6 7

第11図

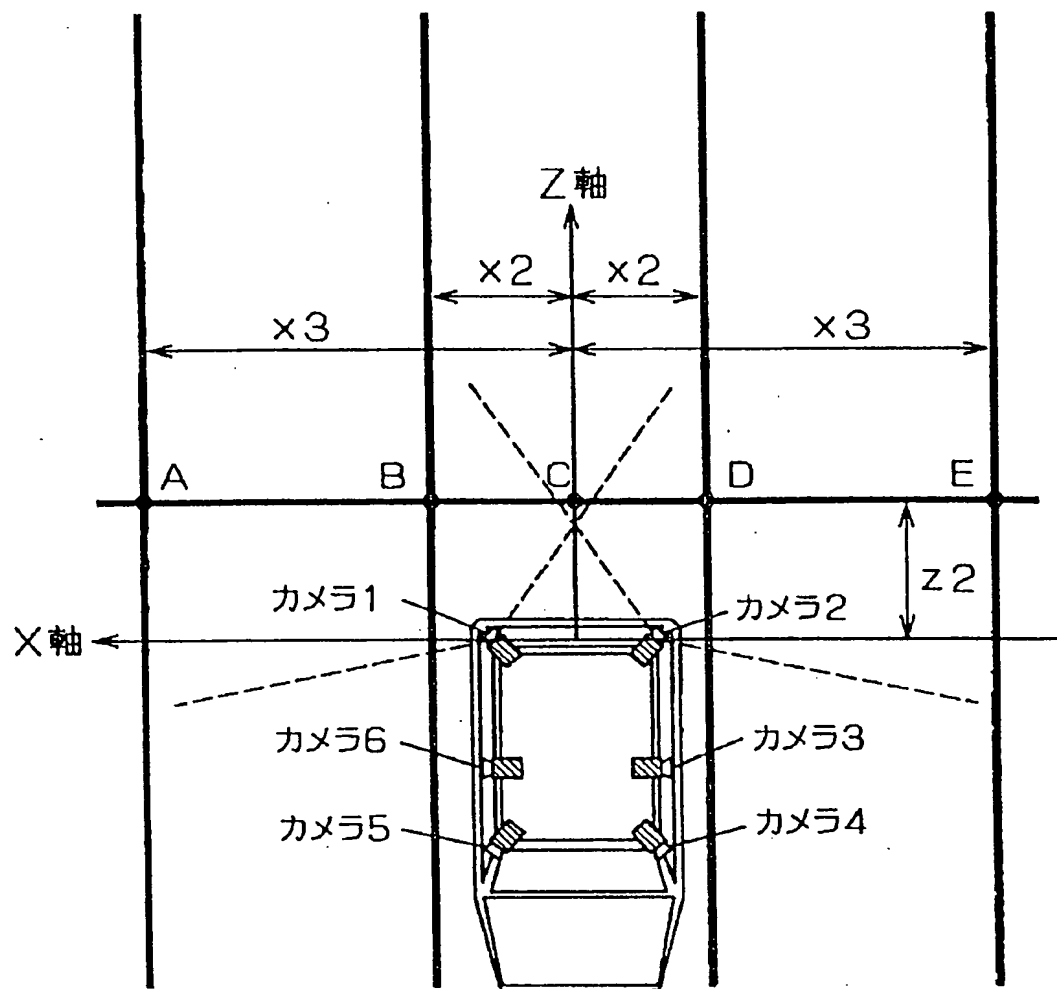
カメラ 番号	X座標	Y座標	Z座標	角度 $\alpha$ (度)	角度 $\beta$ (度)	焦点距離	歪み $\kappa_1$	歪み $\kappa_2$
カメラ1	x1	y1	0	45	-30	f1+df1	$\kappa_1$	$\kappa_2$
カメラ2	-x1	y1	0	-45	-30	f2+df1	$\kappa_1$	$\kappa_2$
カメラ3	-x1	y1	z1	-90	-30	f3	0	0
カメラ4	-x1	y1	z1	-135	-30	f4	0	0
カメラ5	x1	y1	z2	135	-30	f5	0	0
カメラ6	x1	y1	z2	90	-30	f6	0	0

圖 2-1-2

[illegible]

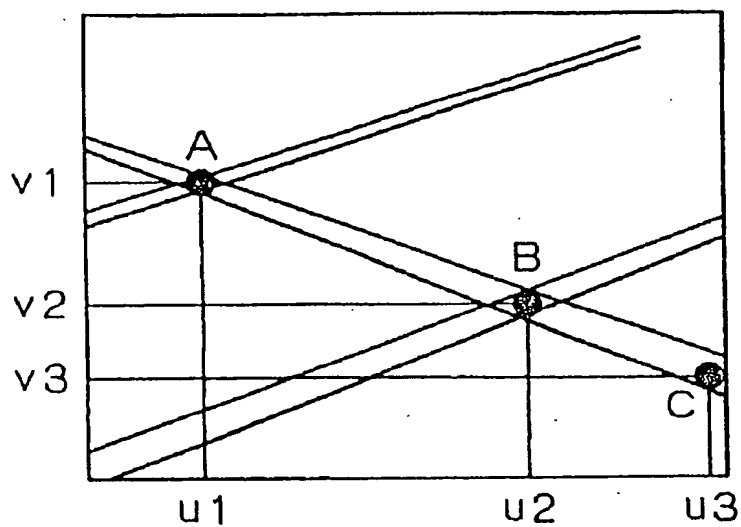
1 3 / 6 7

第 1 3 図

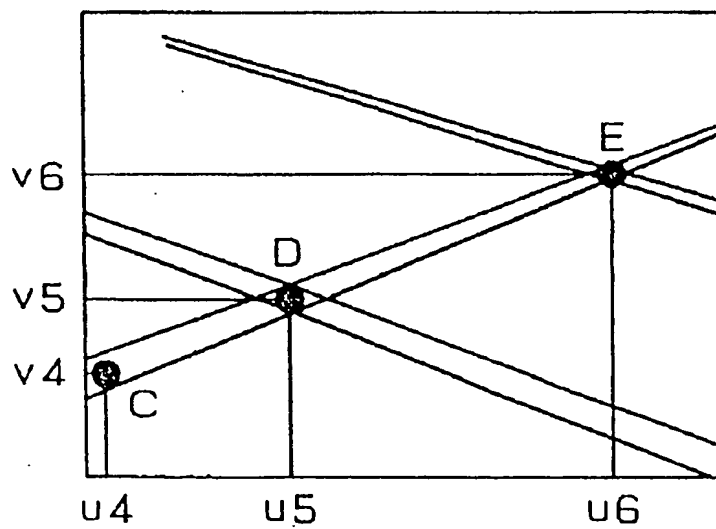


1 4 / 6 7

第 1 4 図



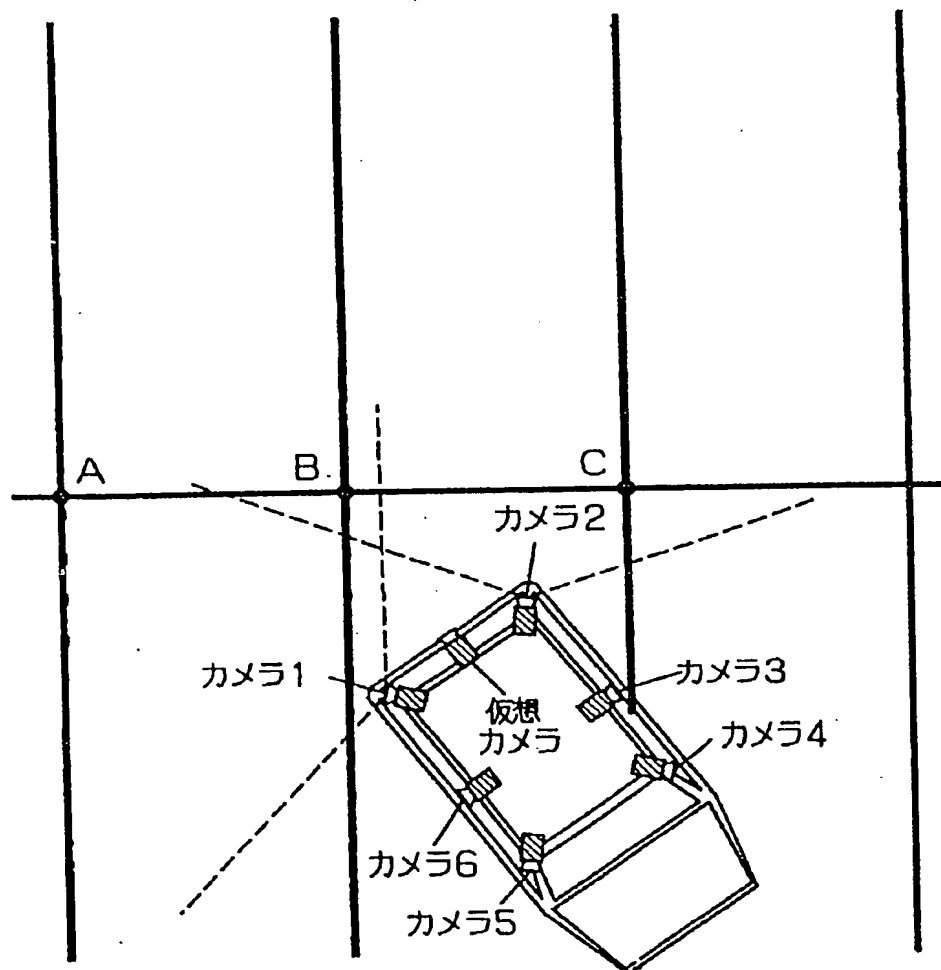
第 1 5 図



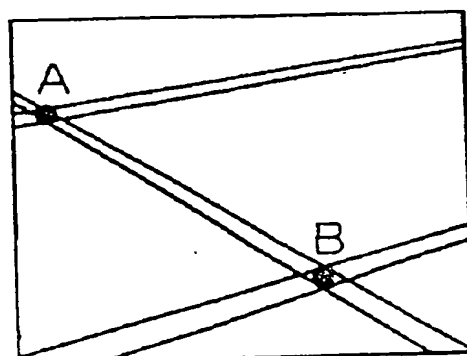


1 5 / 6 7

第 1 6 図

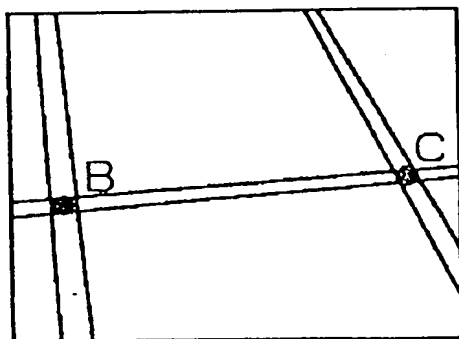


第 1 7 図

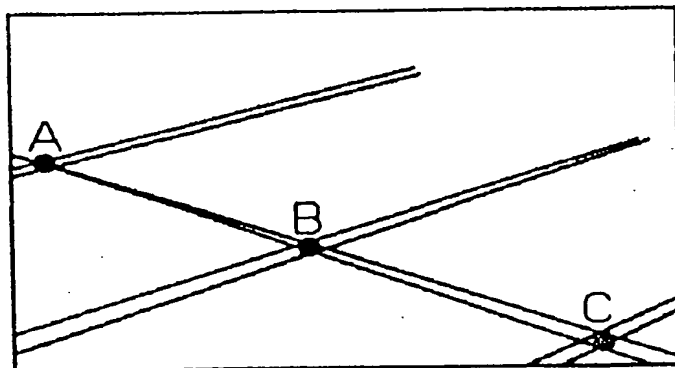


1 6 / 6 7

第 1 8 図

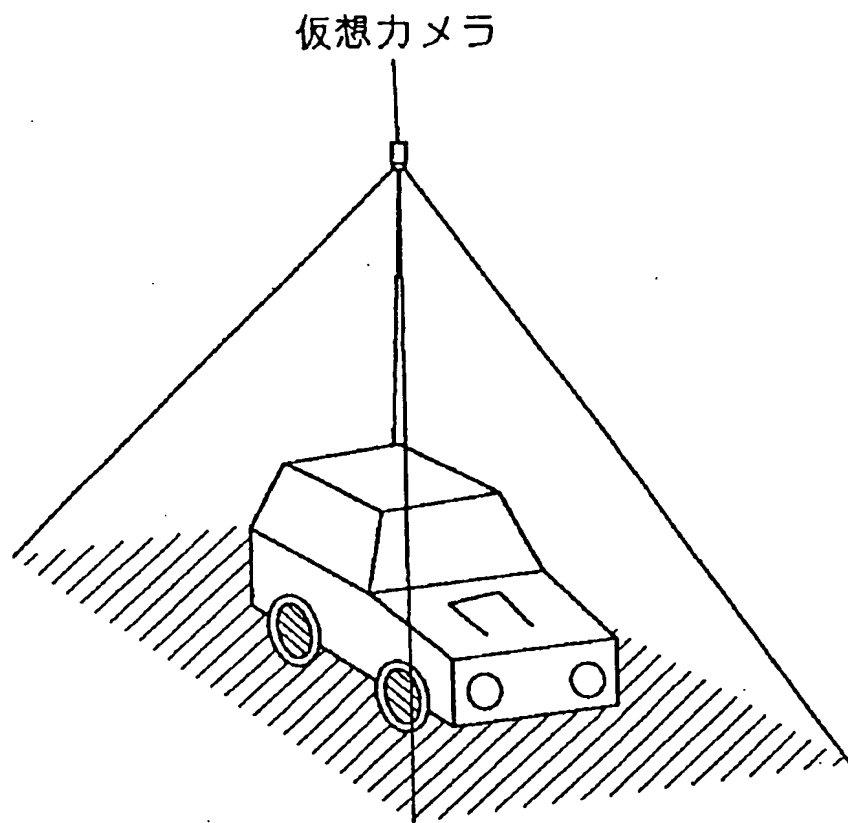


第 1 9 図



1 7 / 6 7

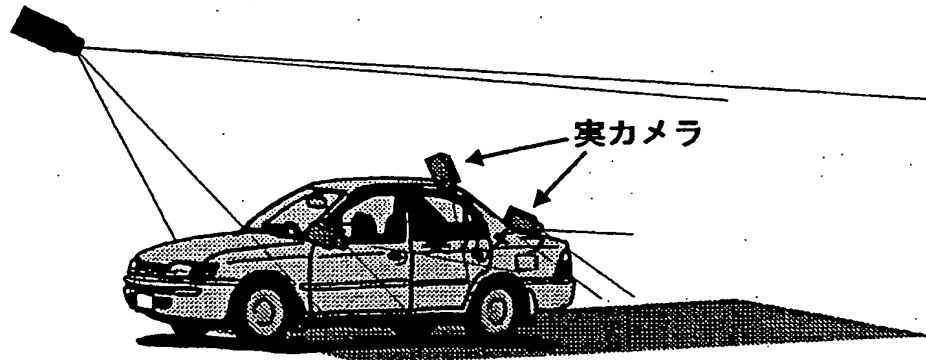
第20(a)図



1 8 / 6 7

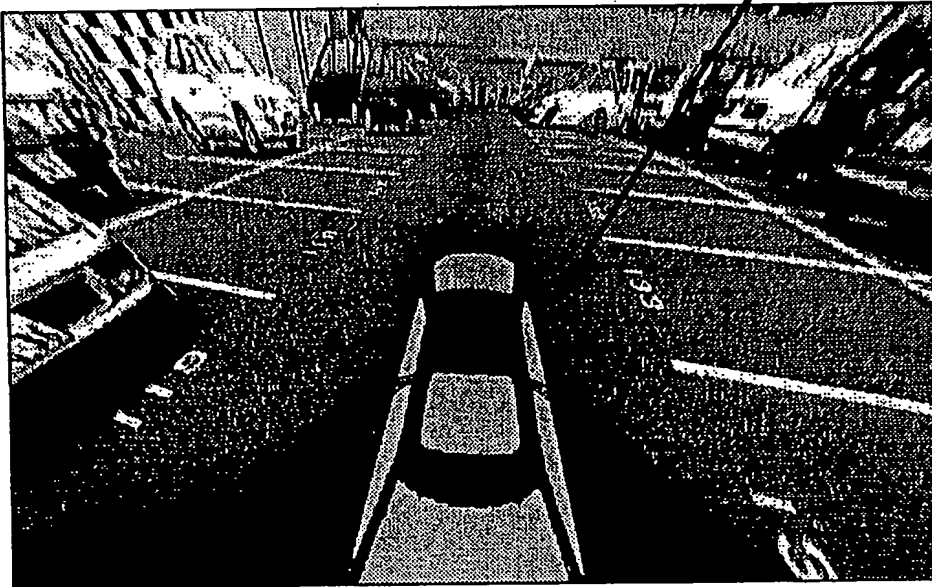
# 第20(b)図

仮想視点2 (後方監視用)



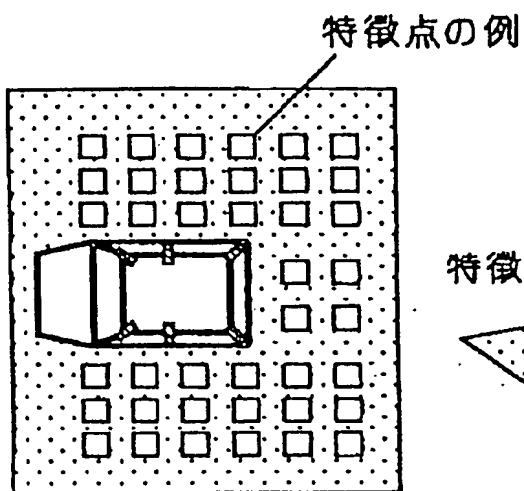
# 第20(c)図

周囲との位置関係を容易に把握  
するため、自車イラストを、適切な  
画像変換を行って、貼り付け

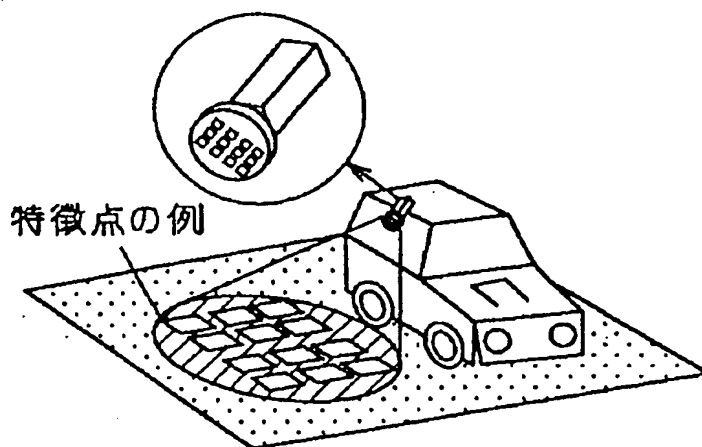


1 9 / 6 7

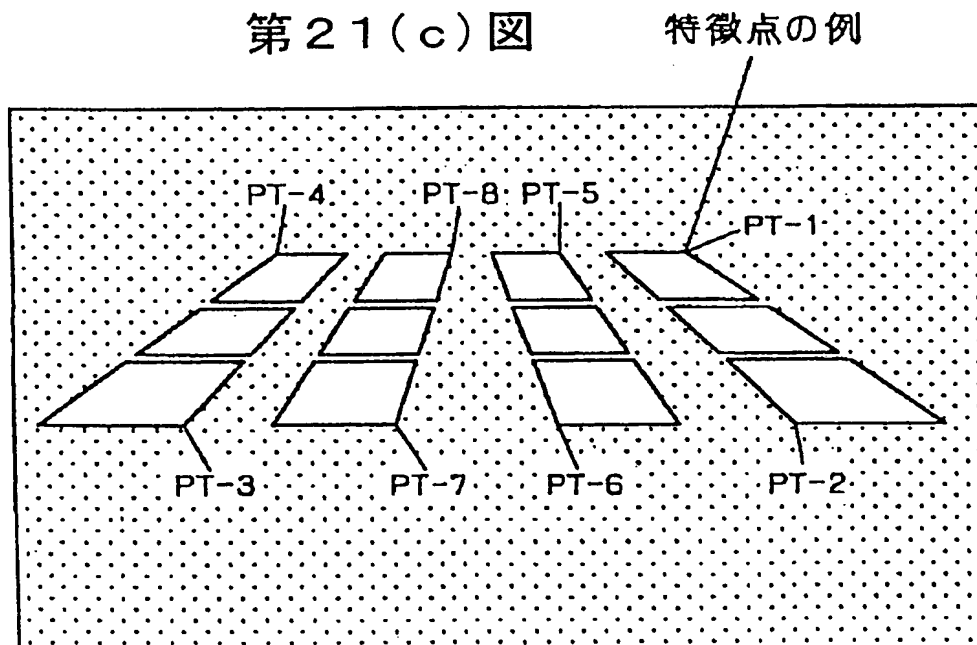
第 2 1 ( b ) 図



第 2 1 ( a ) 図

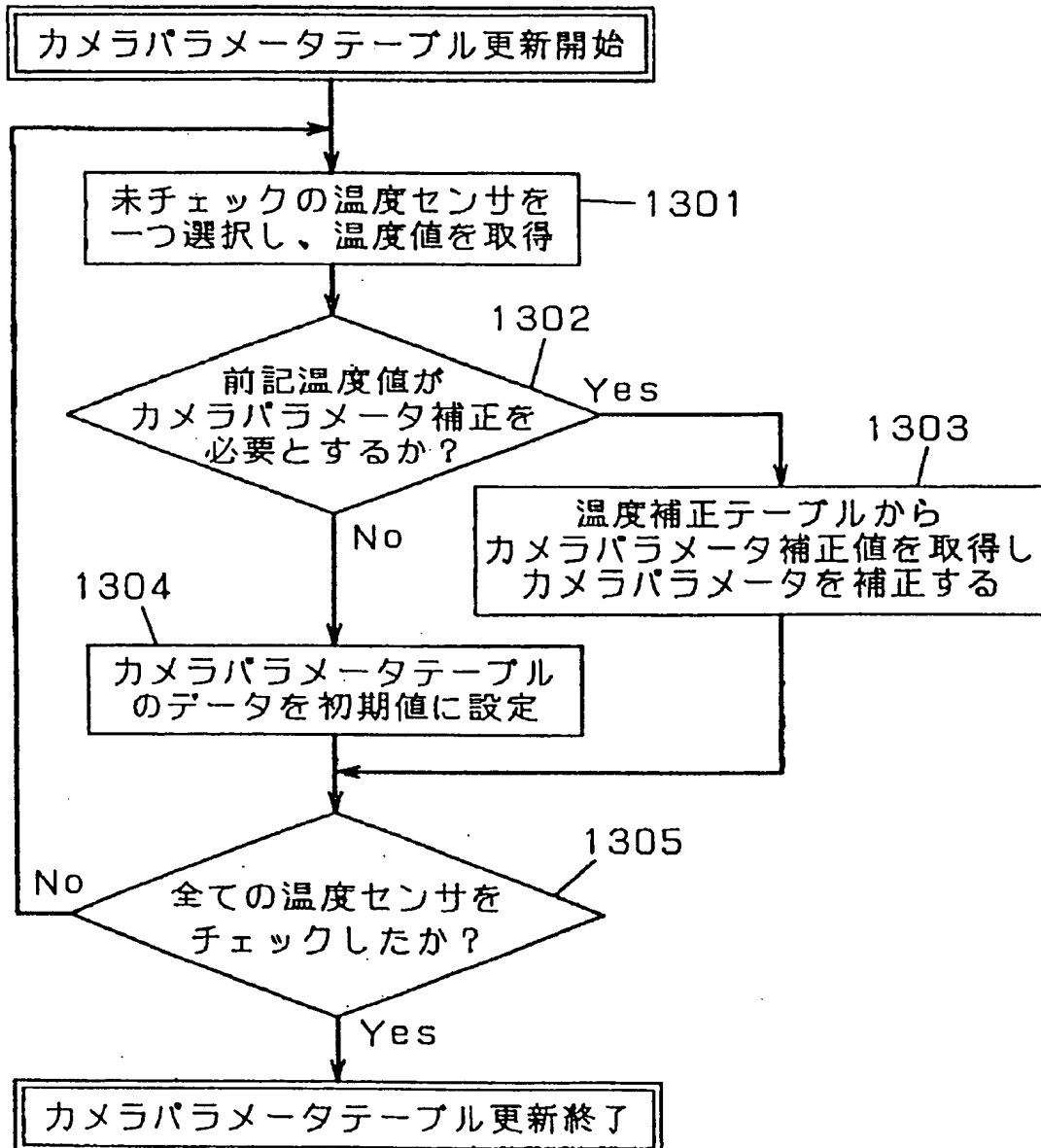


第 2 1 ( c ) 図



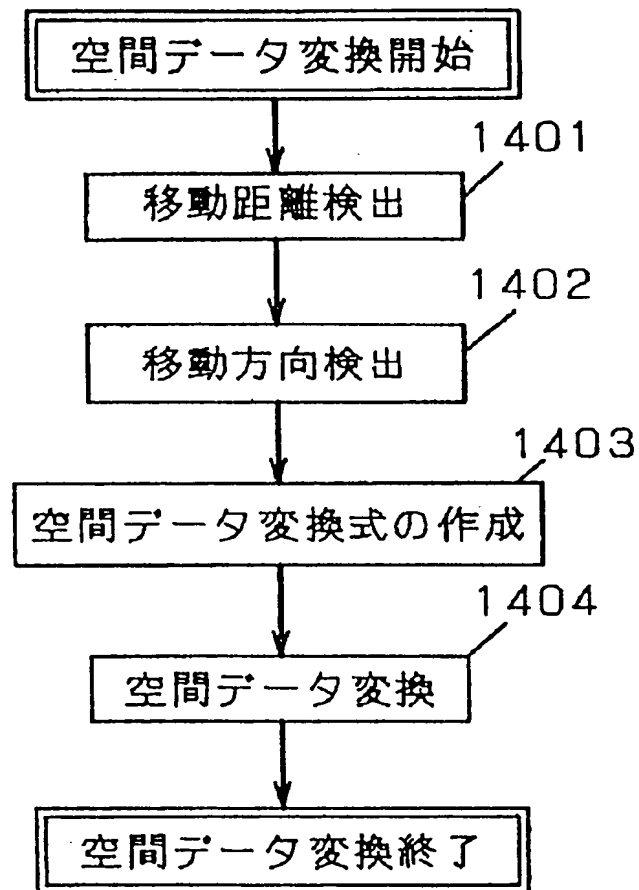
20167

第22図



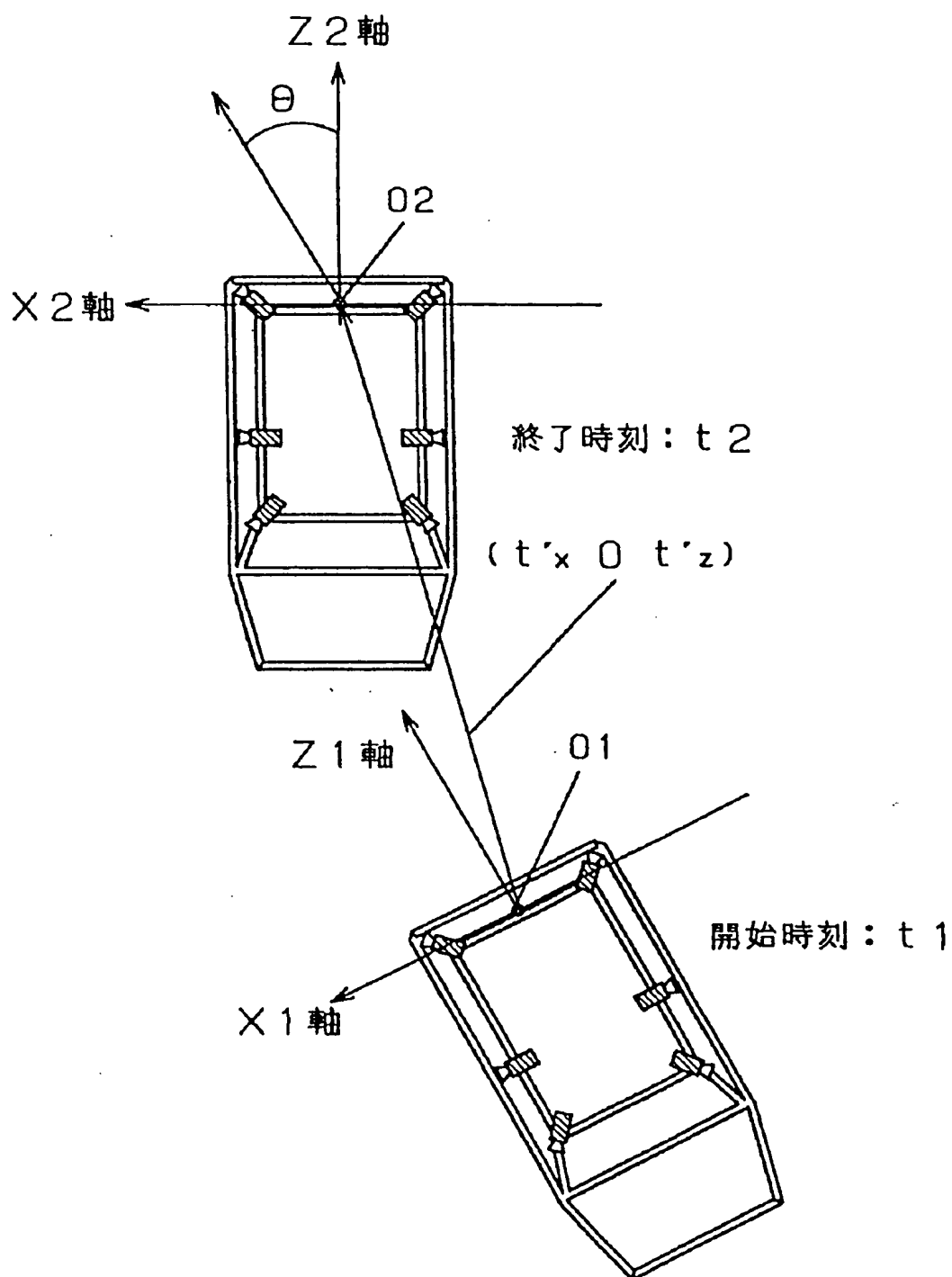
21/67

第23図



2 2 / 6 7

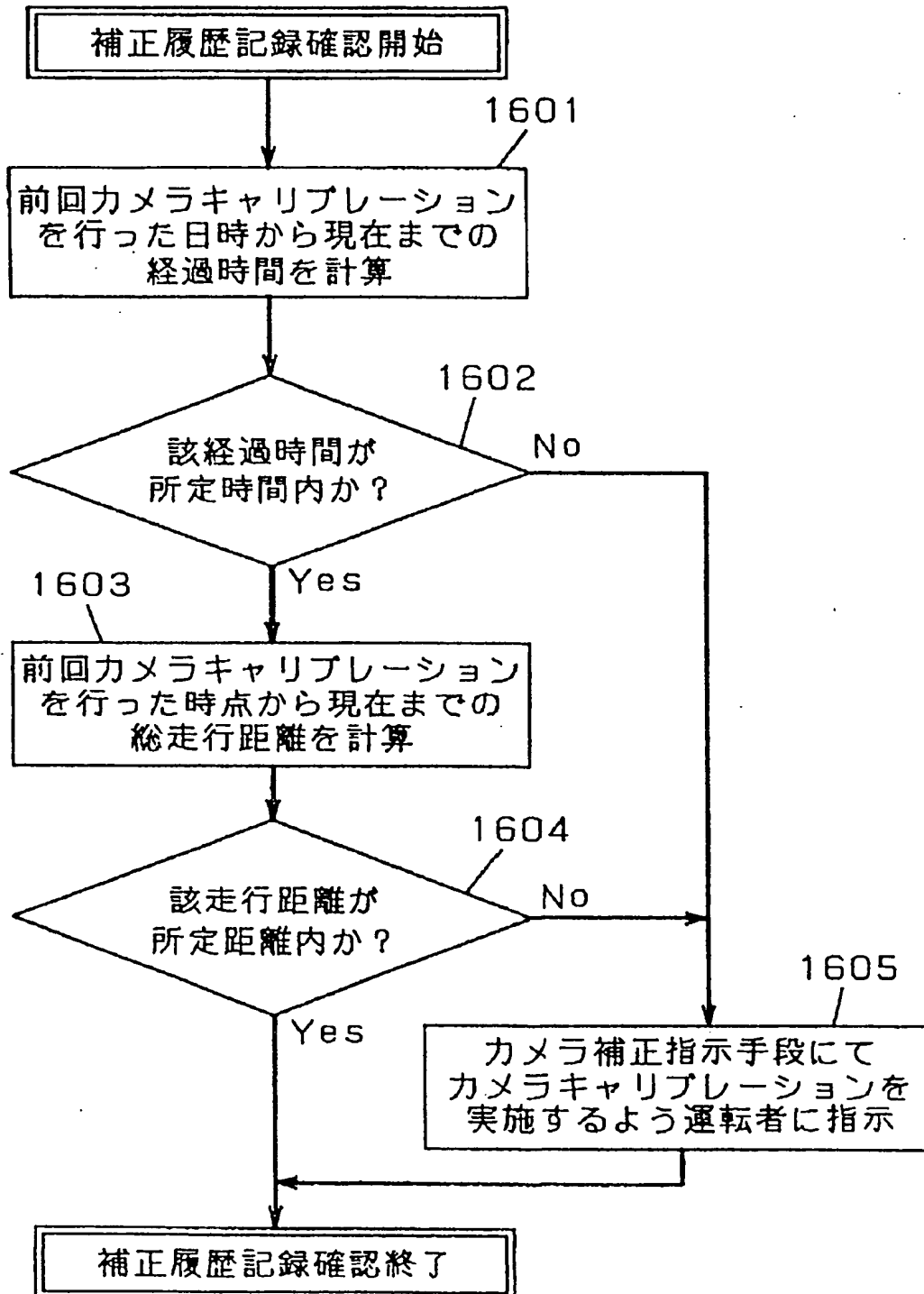
第 2 4 図





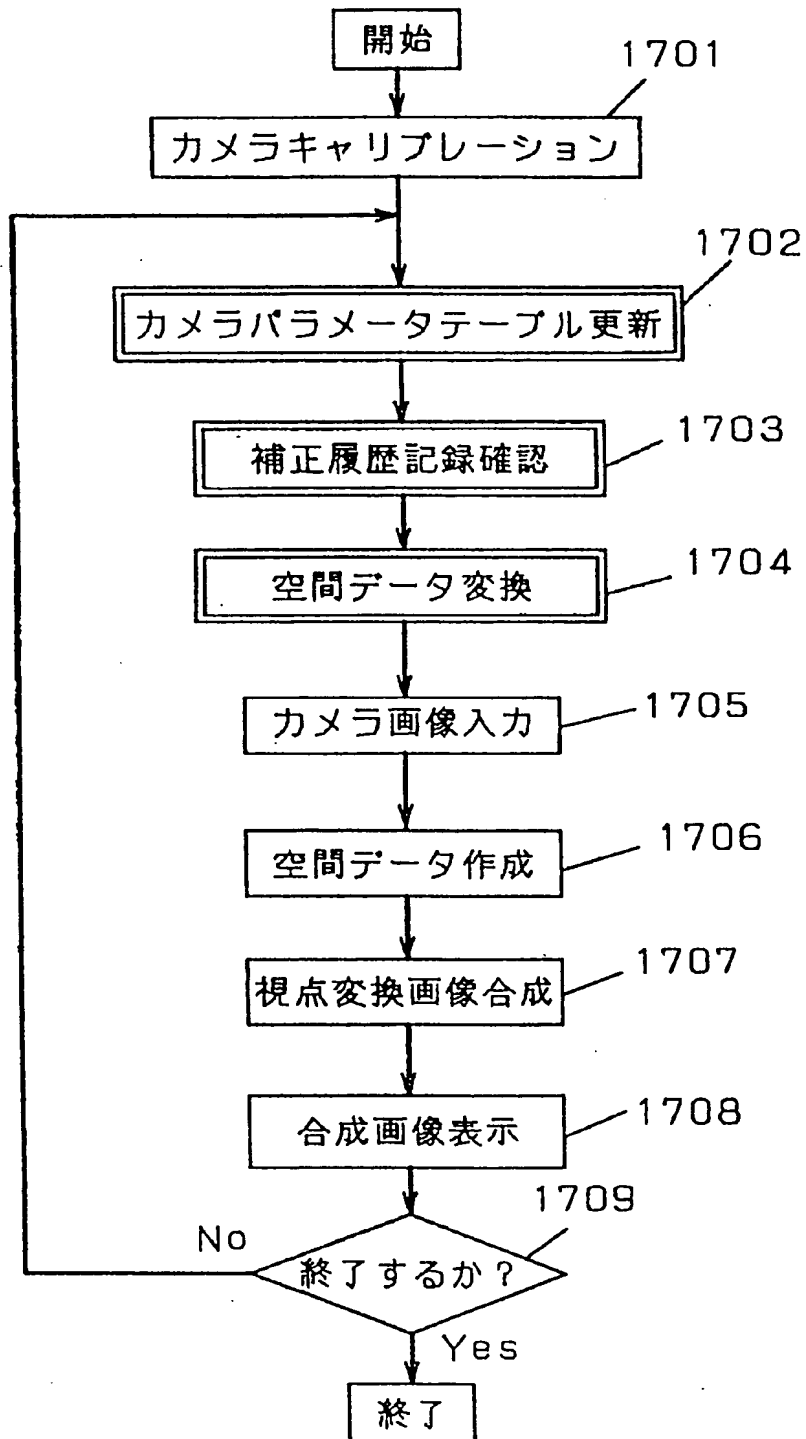
2 3 / 6 7

第 2 5 図



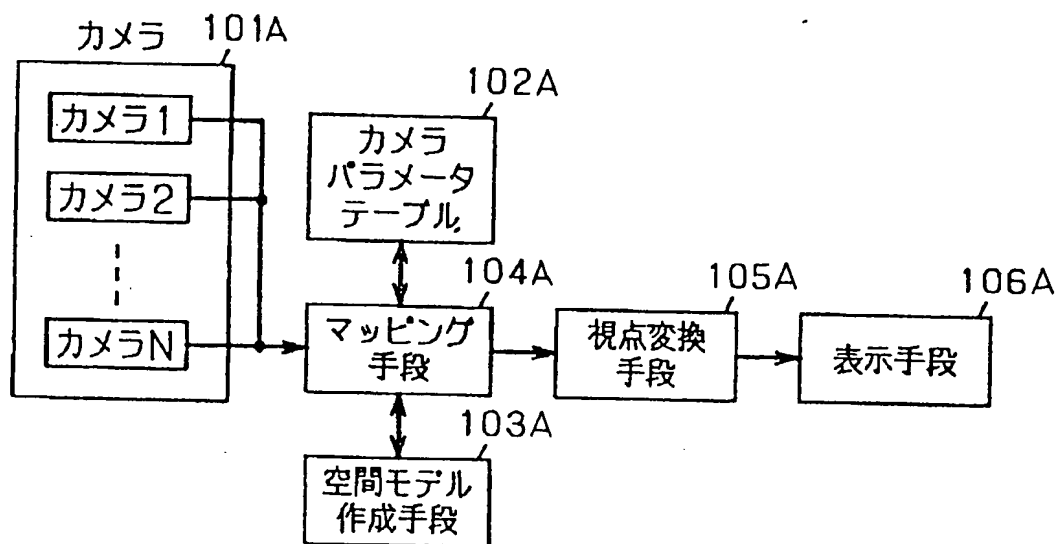
2 4 / 6 7

第 2 6 図

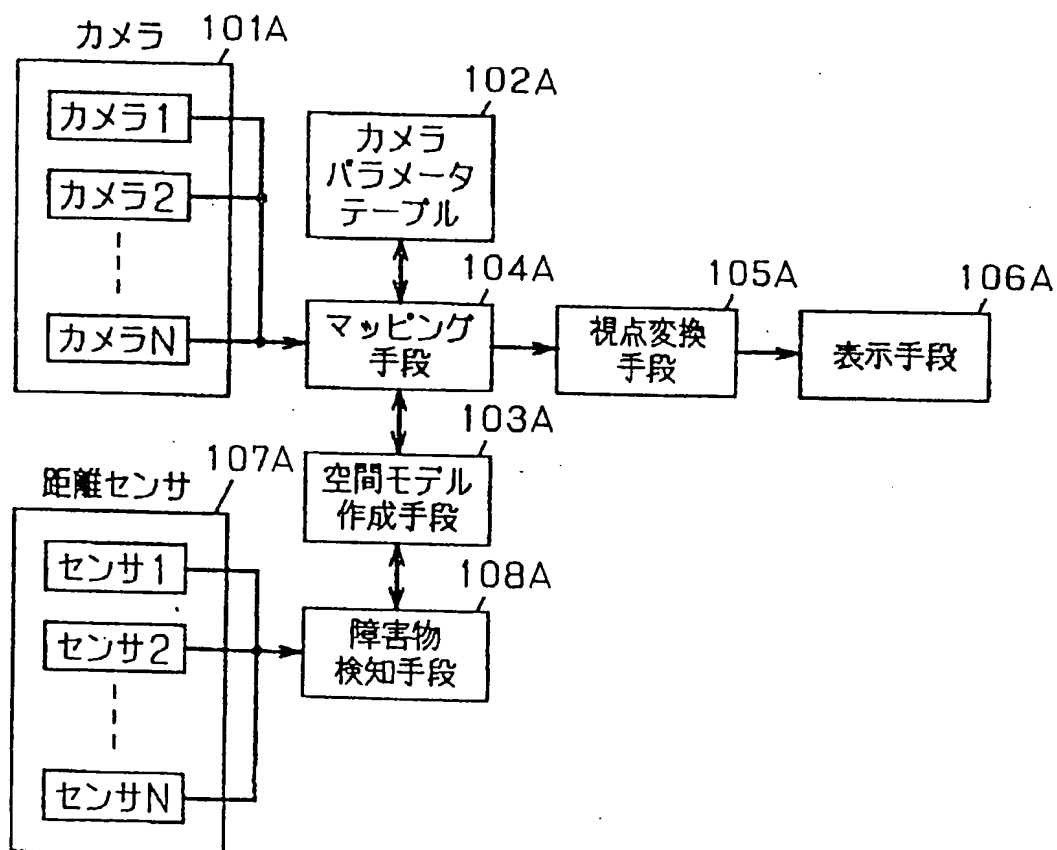


2 5 / 6 7

第 2 7 ( a ) 図

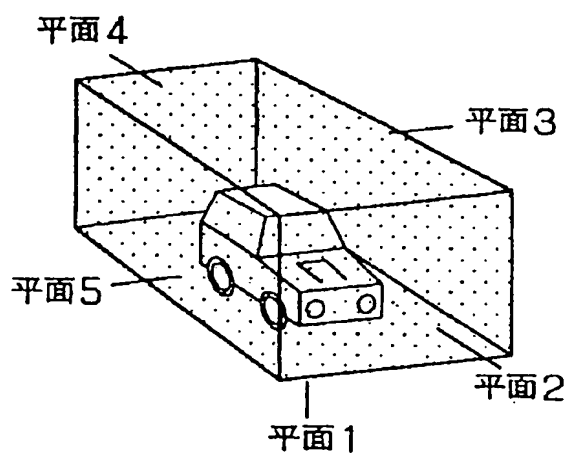


第 2 7 ( b ) 図

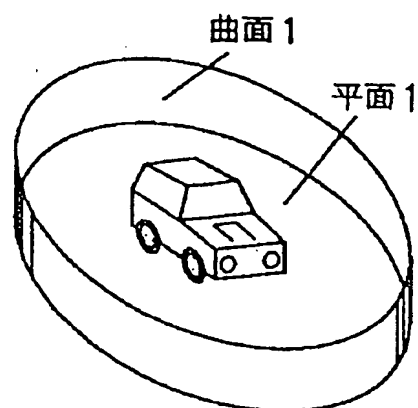


2 6 / 6 7

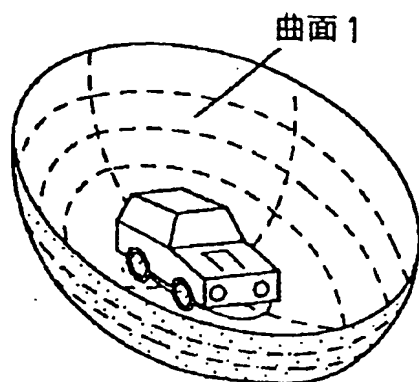
第 28 ( a ) 图



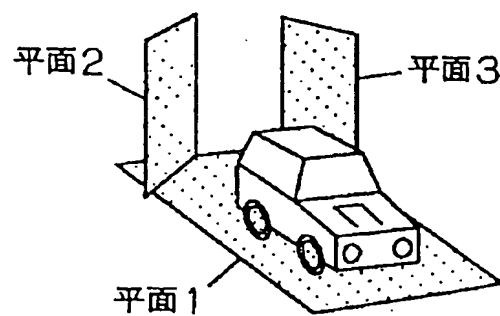
第 28 ( b ) 图



第 28 ( c ) 图

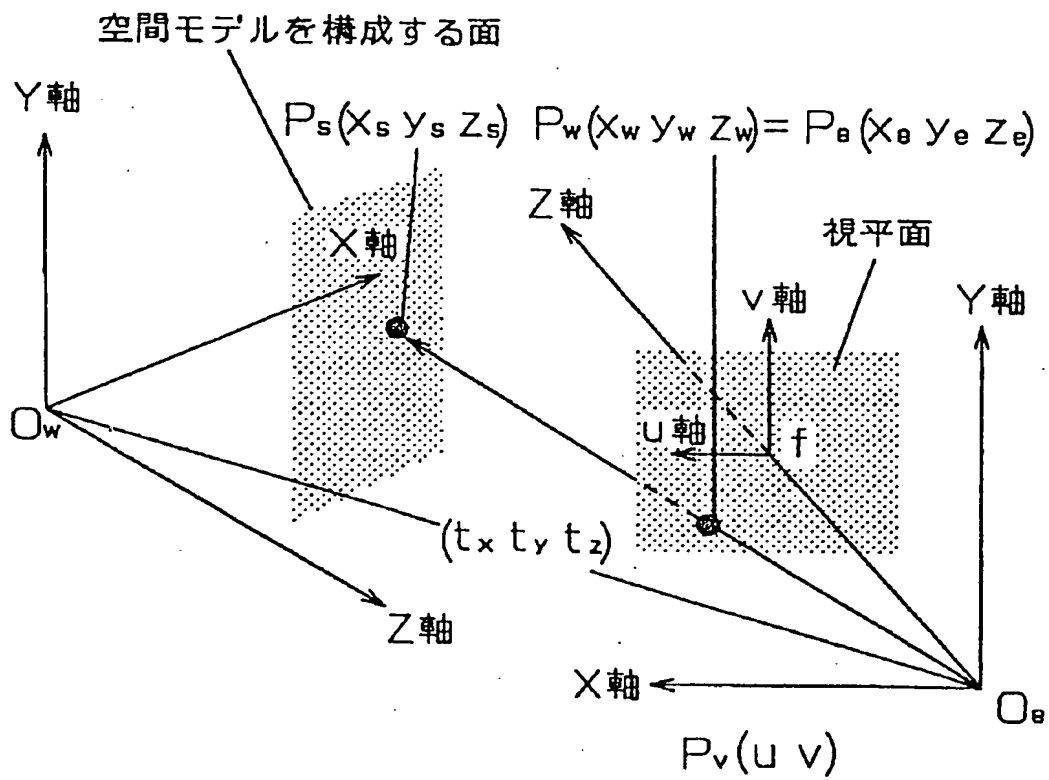


第 28 ( d ) 图



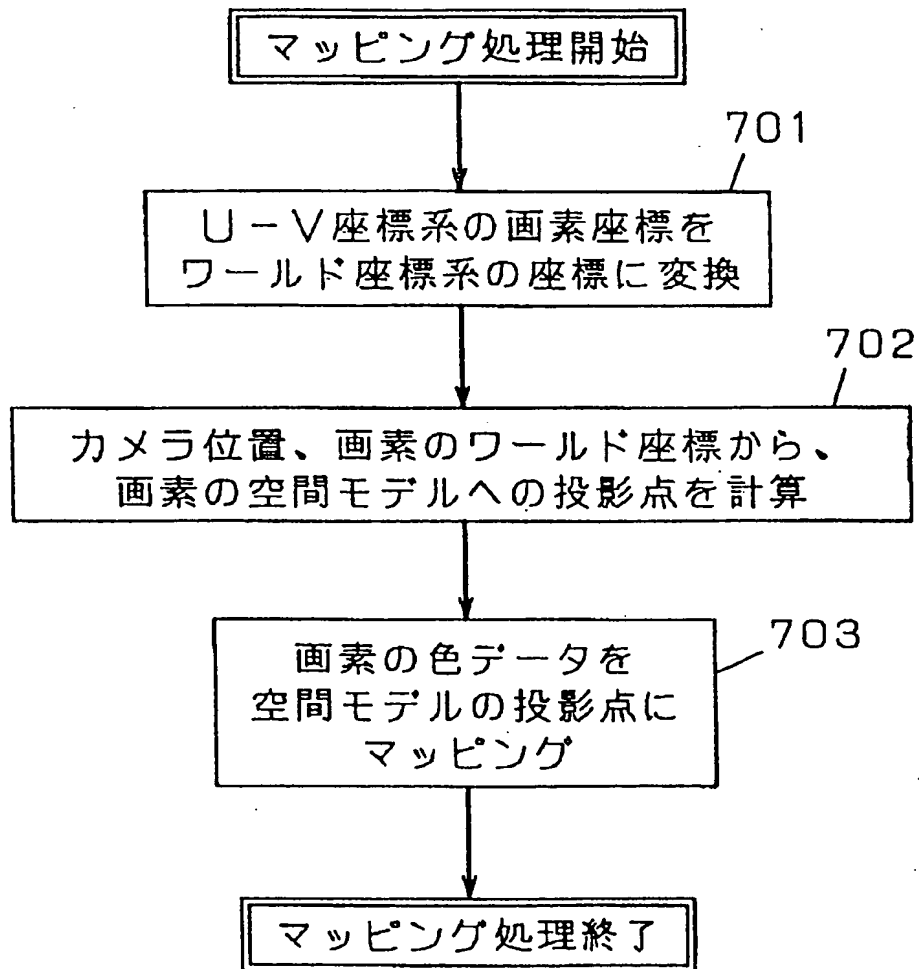
27/67

第29図



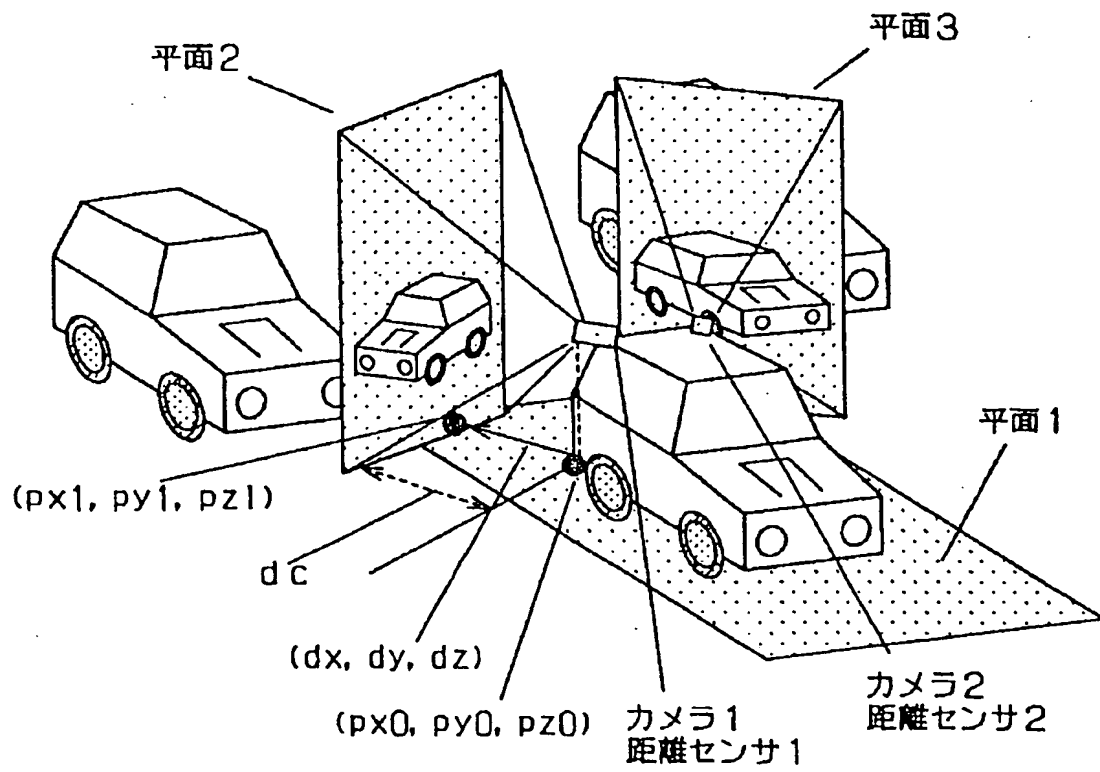
28/67

## 第30図



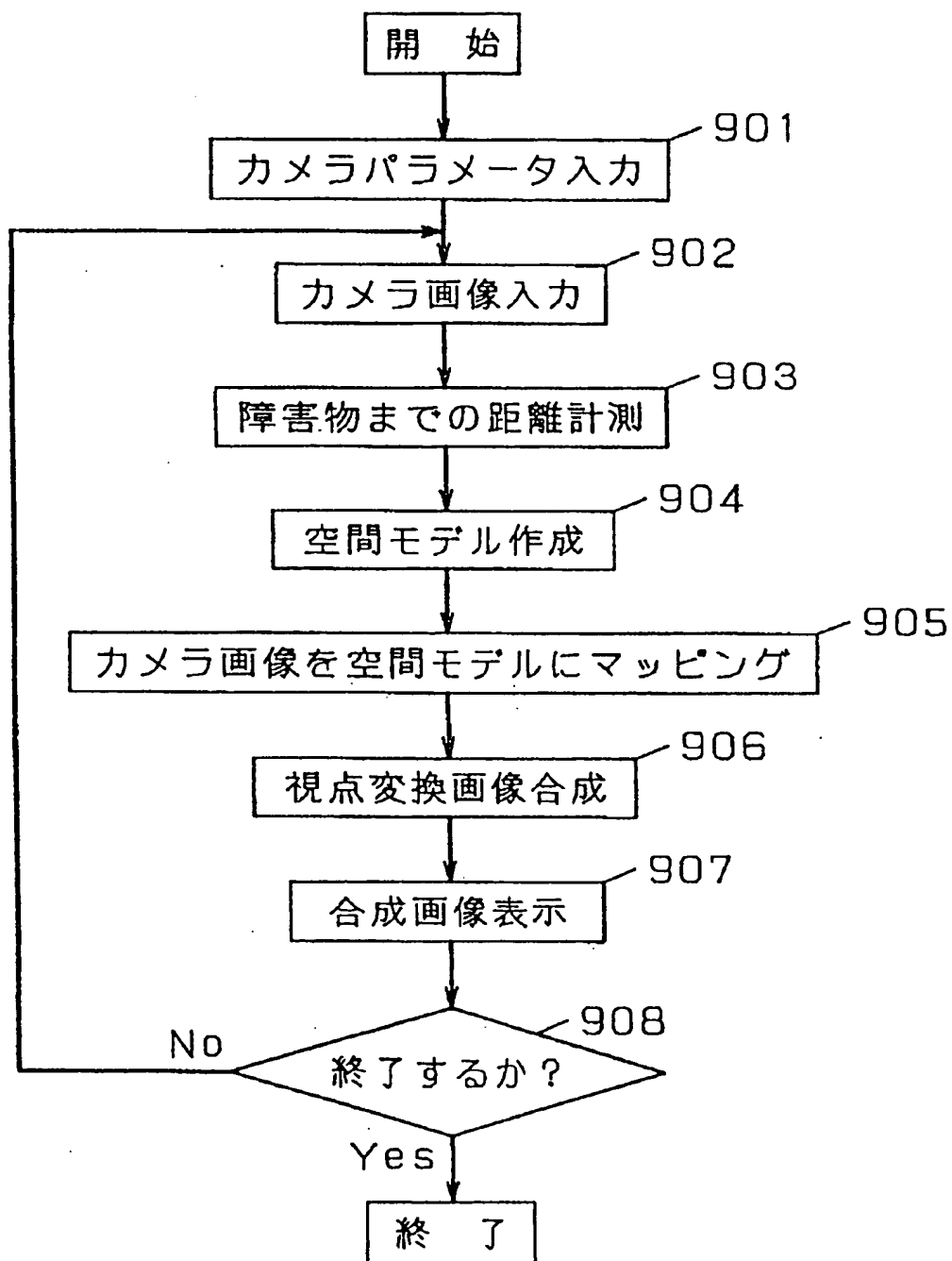
29/67

第31図



3 0 / 6 7

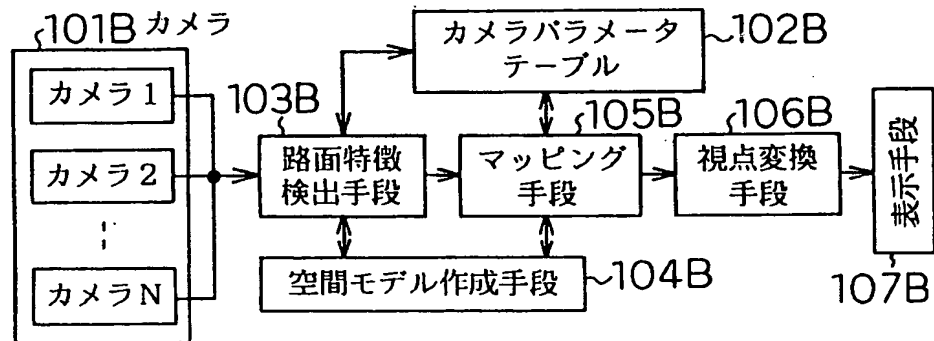
第 3 2 図



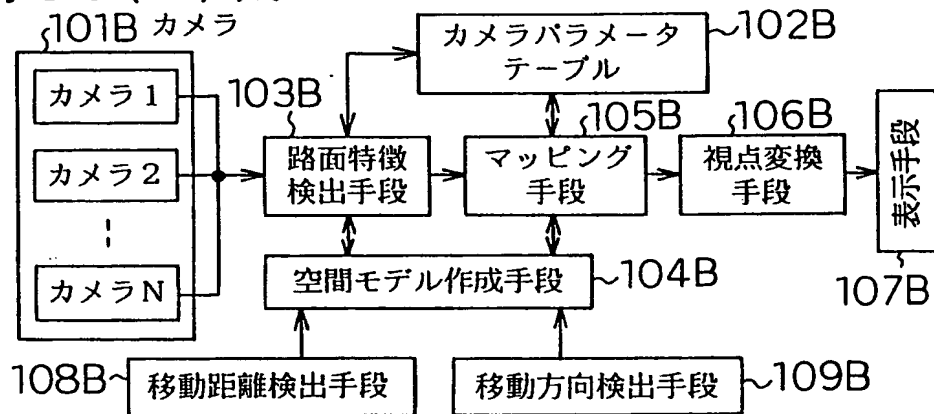


3 1 / 6 7

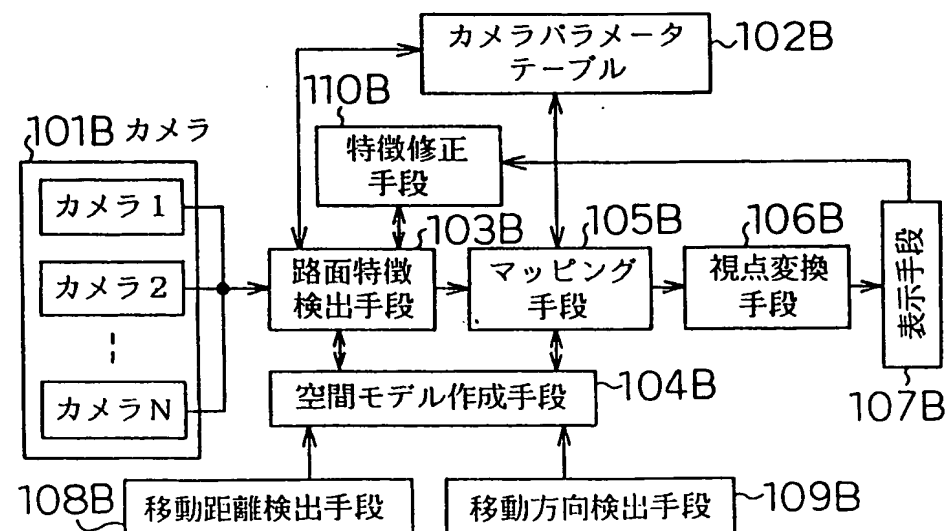
第 3 3 ( a ) 図



第 3 3 ( b ) 図

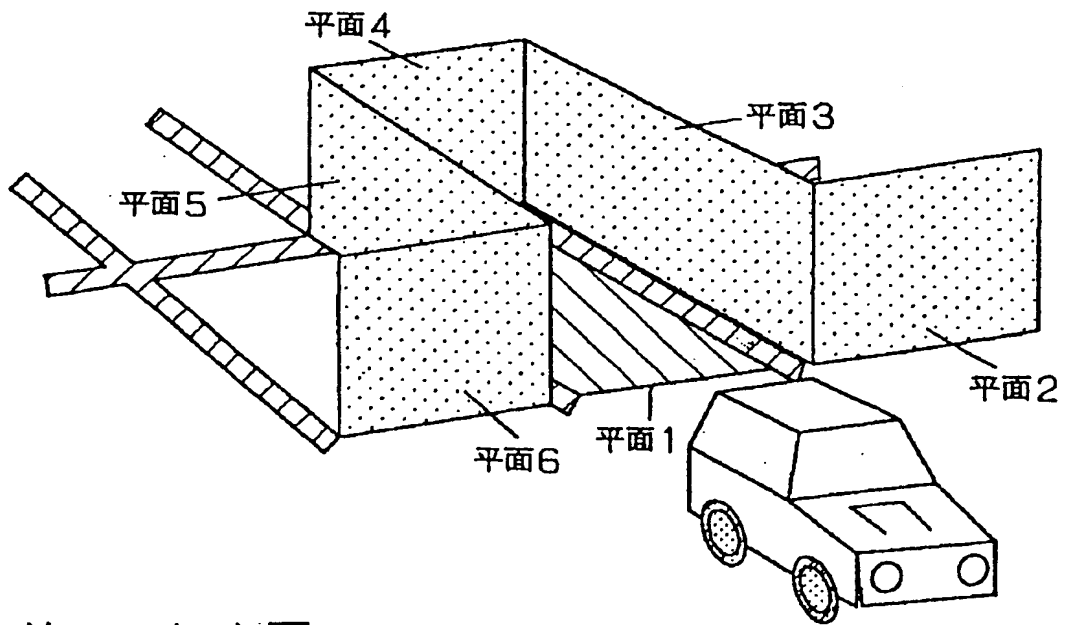


第 3 3 ( c ) 図

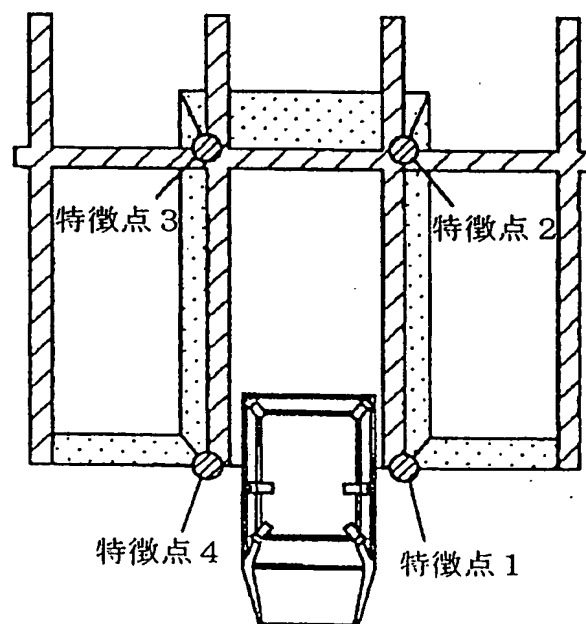


3 2 / 6 7

第 34 ( a ) 図

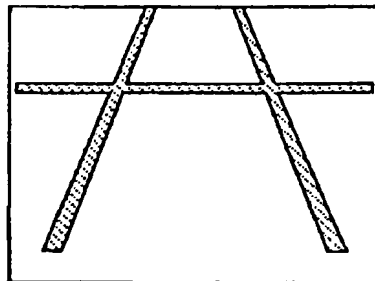


第 34 ( b ) 図

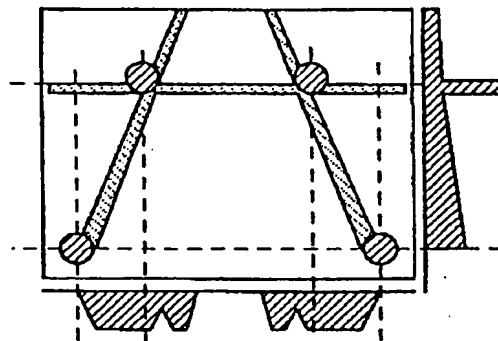


3 3 / 6 7

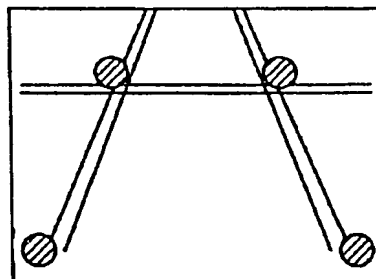
第 35 ( a ) 図



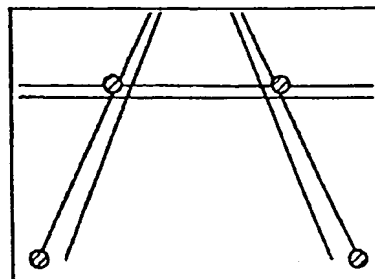
第 35 ( b ) 図



第 35 ( c ) 図

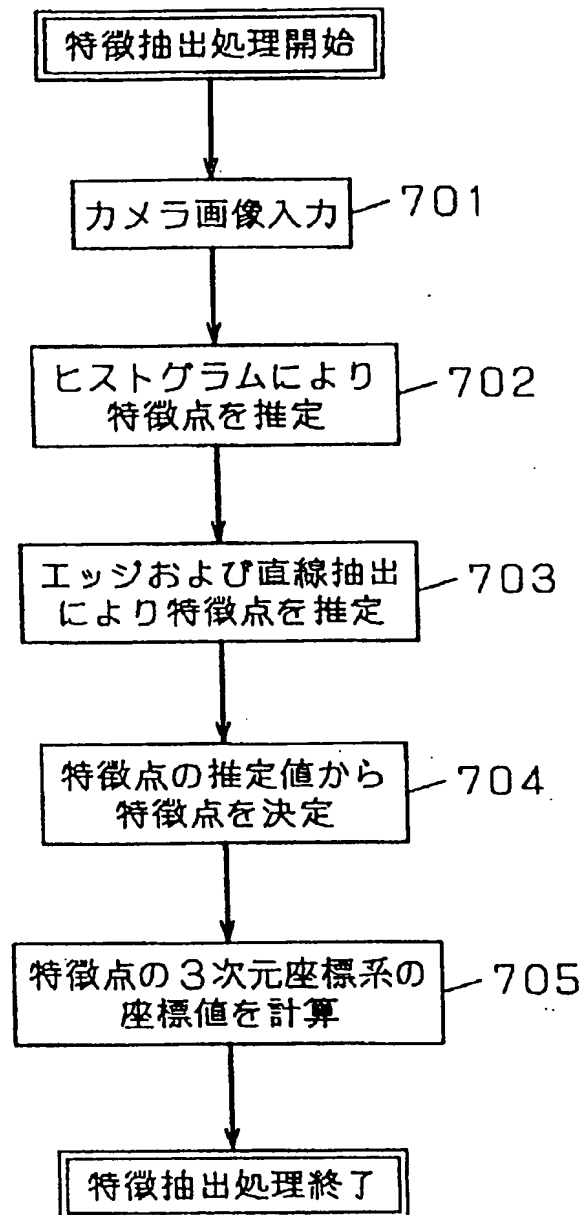


第 35 ( d ) 図



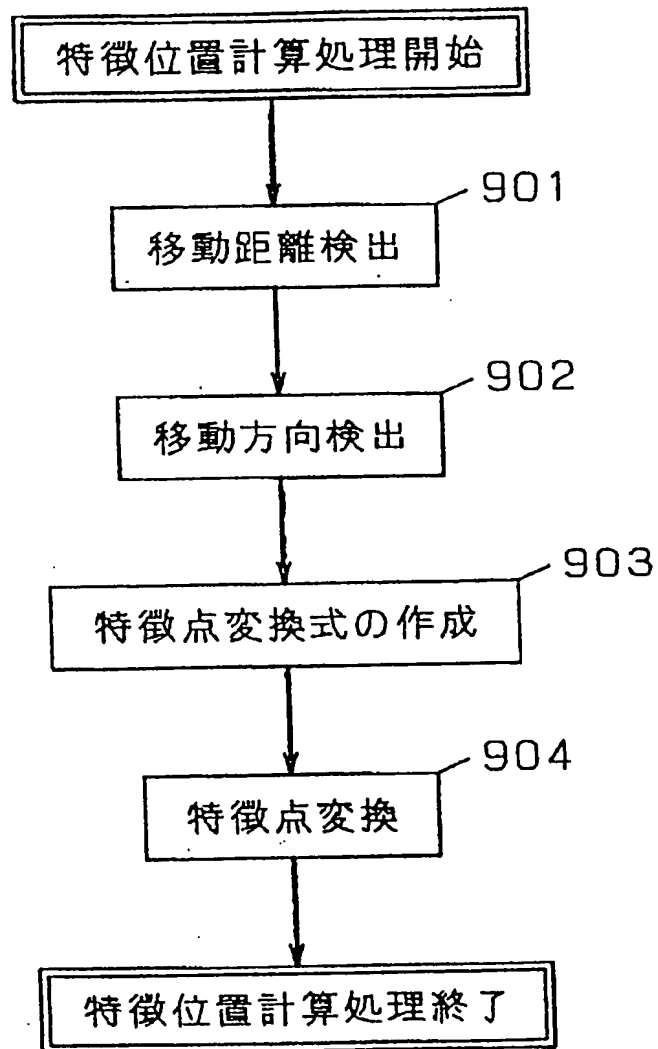
3 4 / 6 7

第 3 6 図



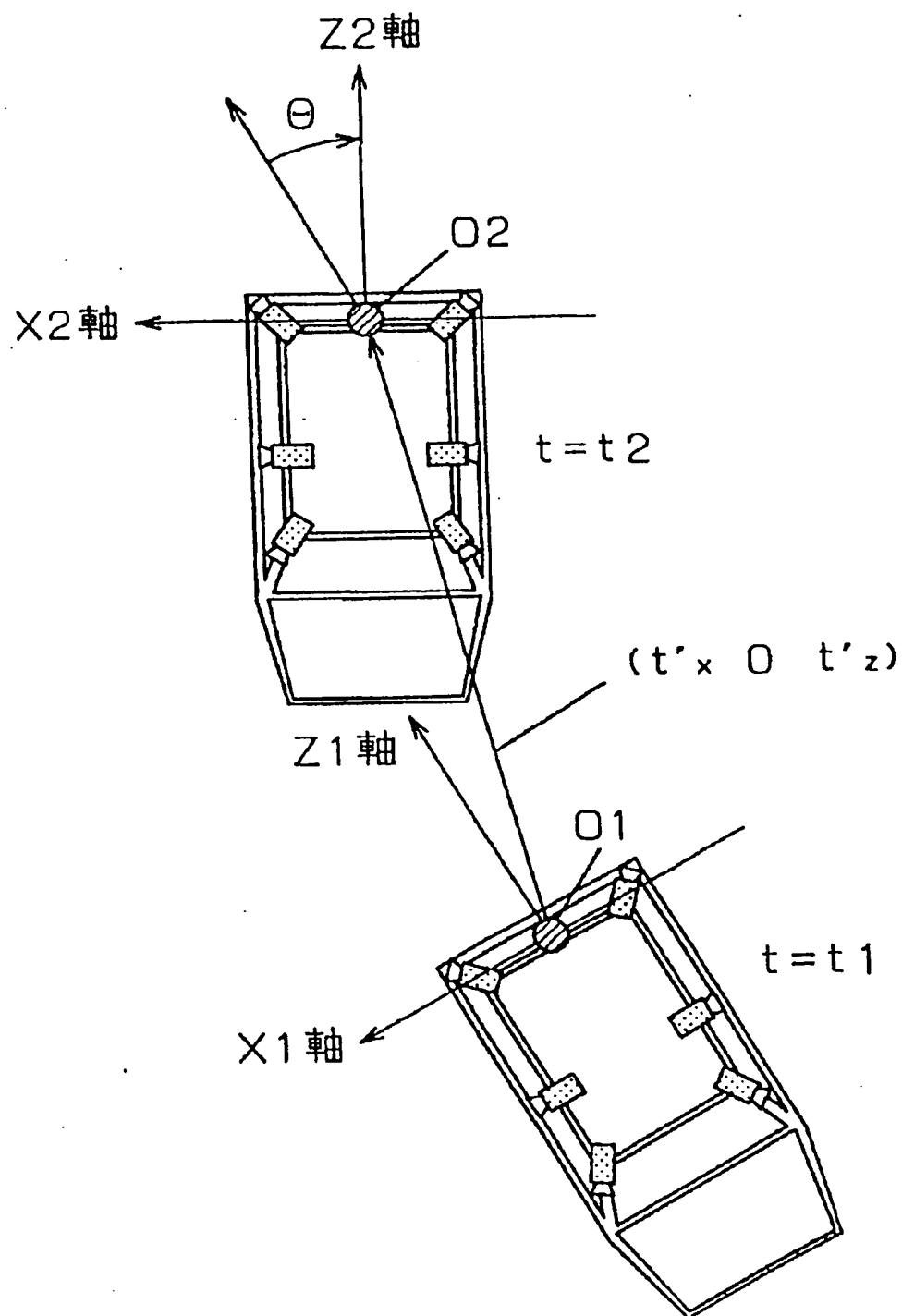
3 5 / 6 7

第 3 7 図



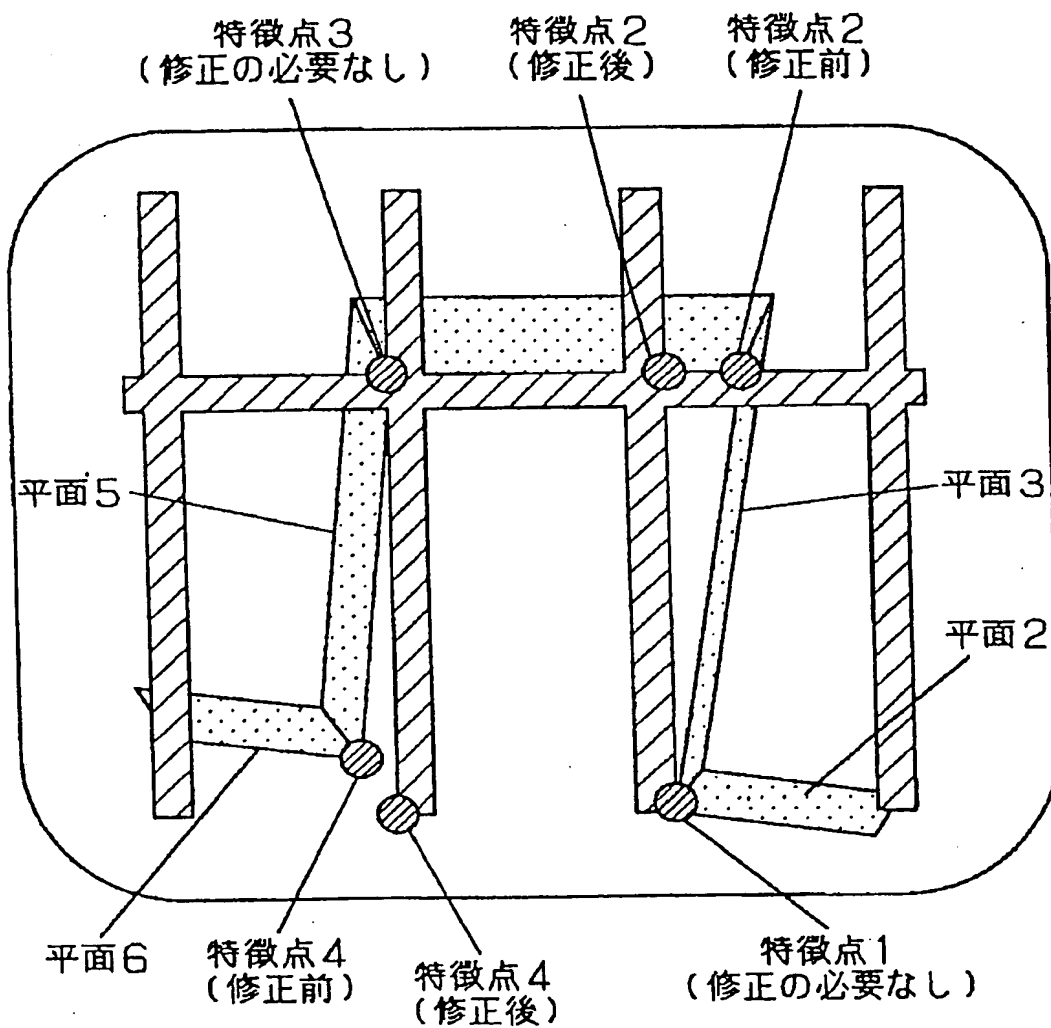
3 6 / 6 7

第 3 8 図



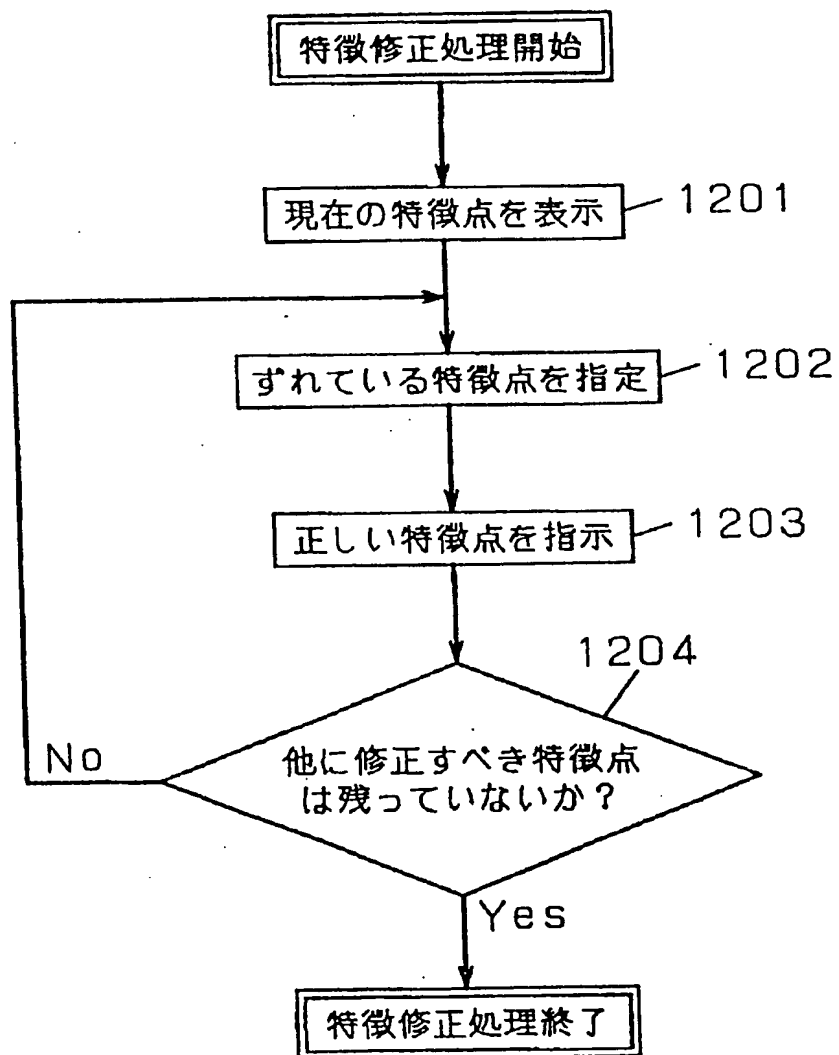
3 7 / 6 7

第 3 9 図



3 8 / 6 7

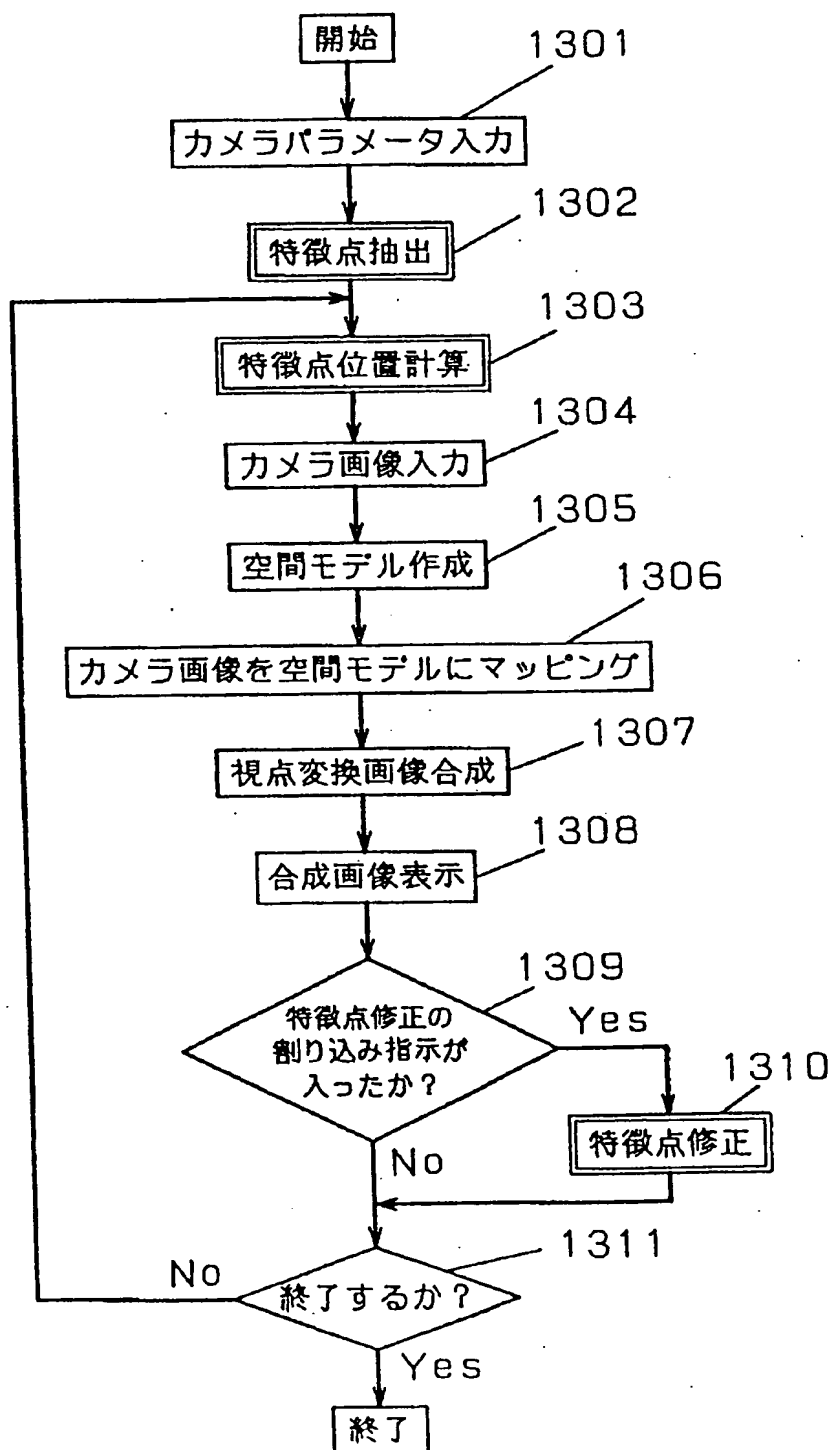
第 4 0 図





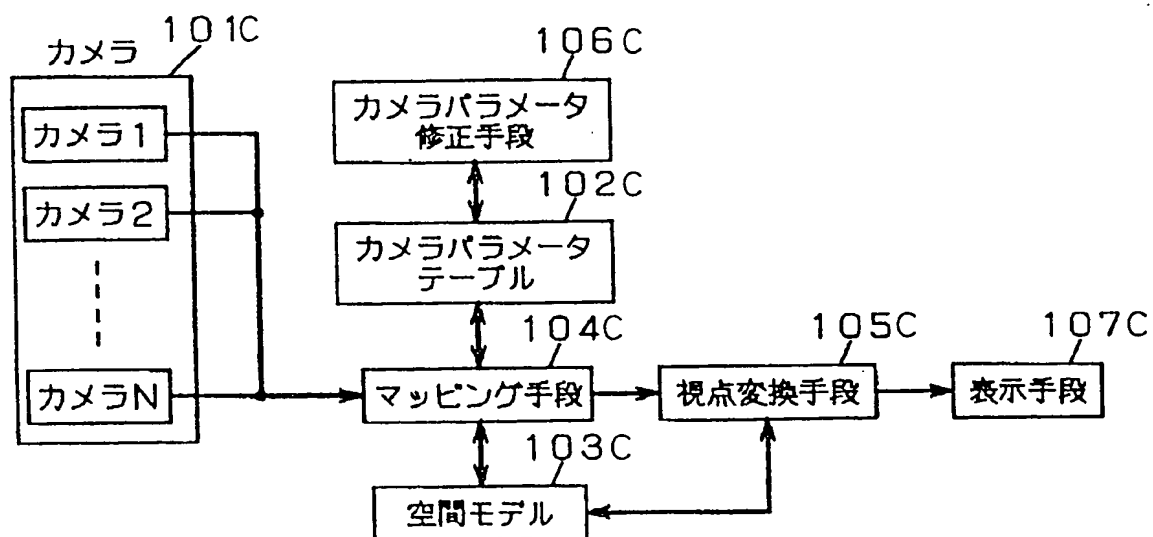
3 9 / 6 7

第 4 1 図



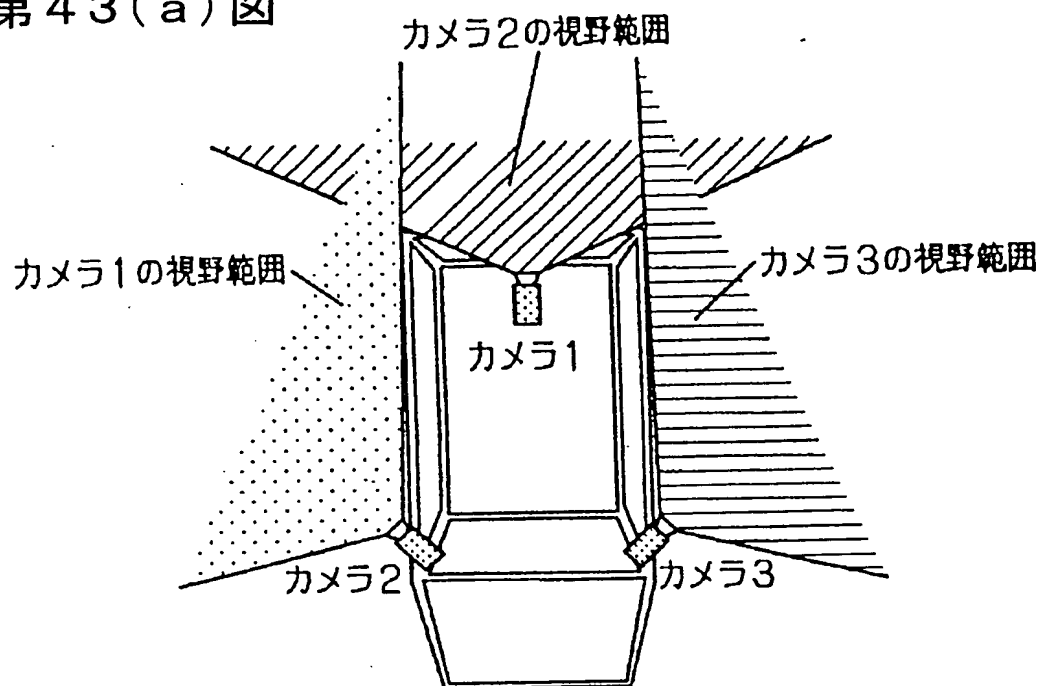
4 0 / 6 7

第 4 2 図

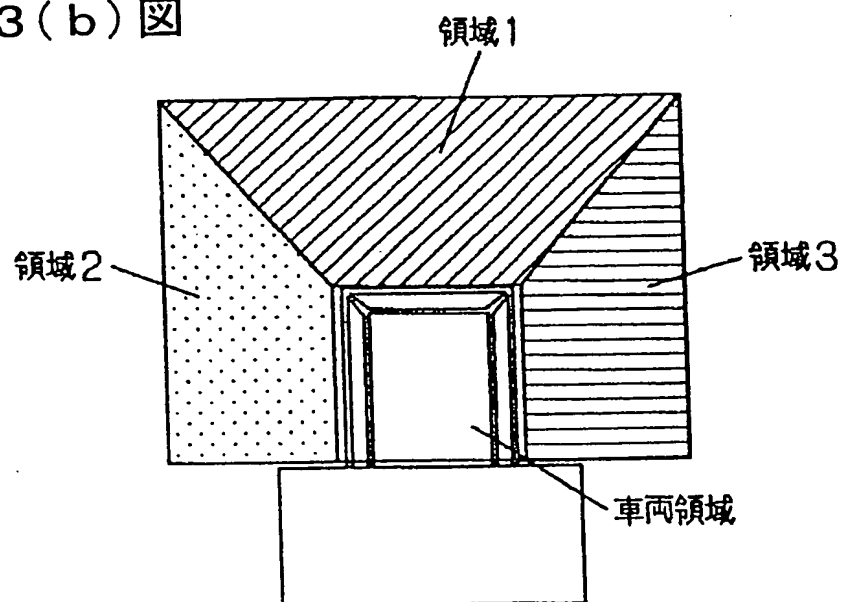


4 1 / 6 7

第43(a)図

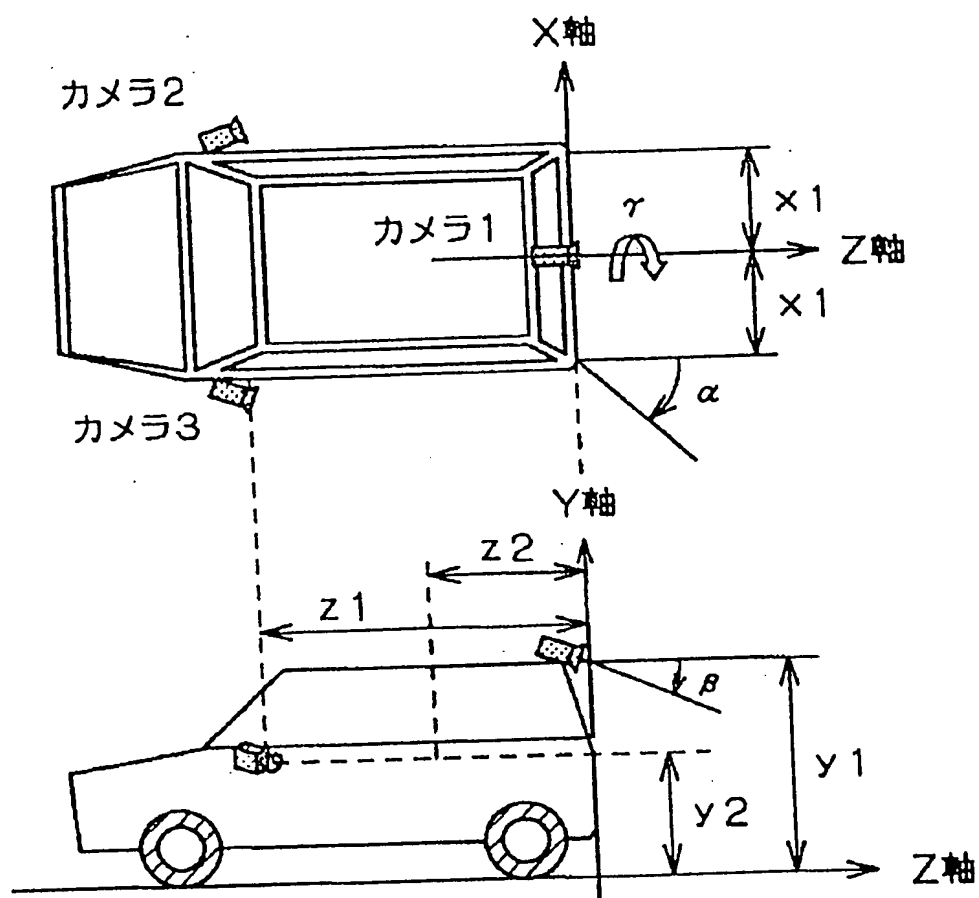


第43(b)図



4 2 / 6 7

第 4 4 図



4 3 / 6 7

第 4 5 図

カメラ 番号	X 座標	Y 座標	Z 座標	角度 $\alpha$ (度)	角度 $\beta$ (度)	角度 $\gamma$ (度)	焦点距離	歪み $\kappa 1$	歪み $\kappa 2$
カメラ1	0	y1	0	0	-30	0	f1	0	0
カメラ2	x1	y2	z1	-45	-10	0	f1	0	0
カメラ3	-x1	y2	z1	45	-10	0	f1	0	0

4 4 / 6 7

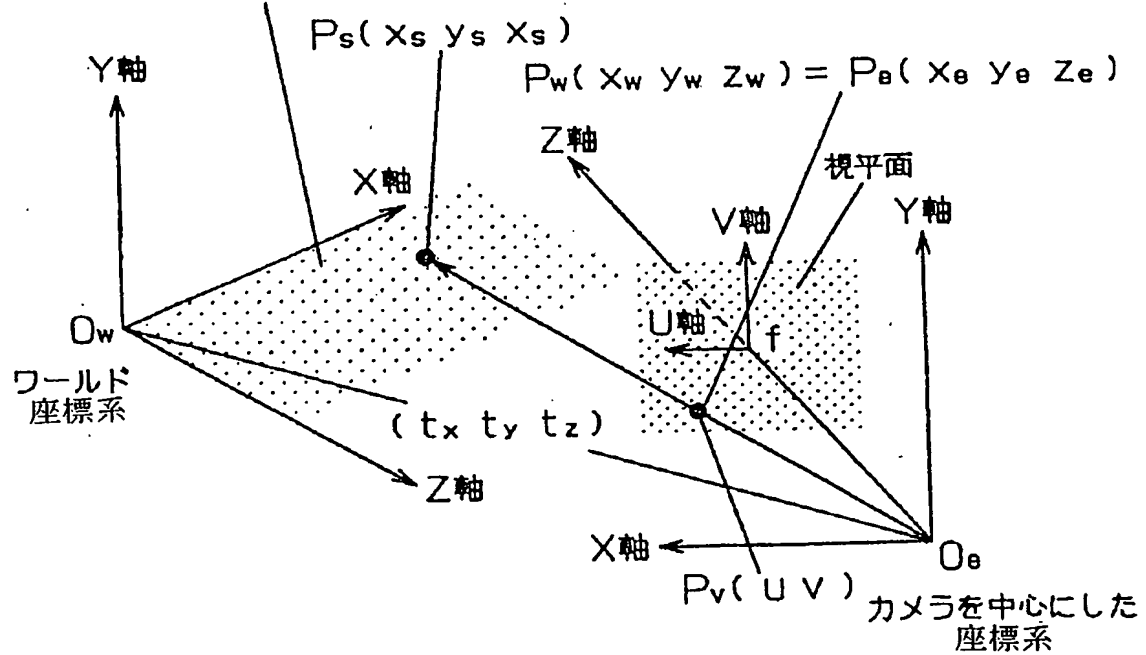
第 4 6 図

	X 座標	Y 座標	Z 座標	角度 $\alpha$ (度)	角度 $\beta$ (度)	角度 $\gamma$ (度)	焦点距離	歪み $\kappa 1$	歪み $\kappa 2$
仮想視点	0	0	Z2	0	-90	0	f2	0	0

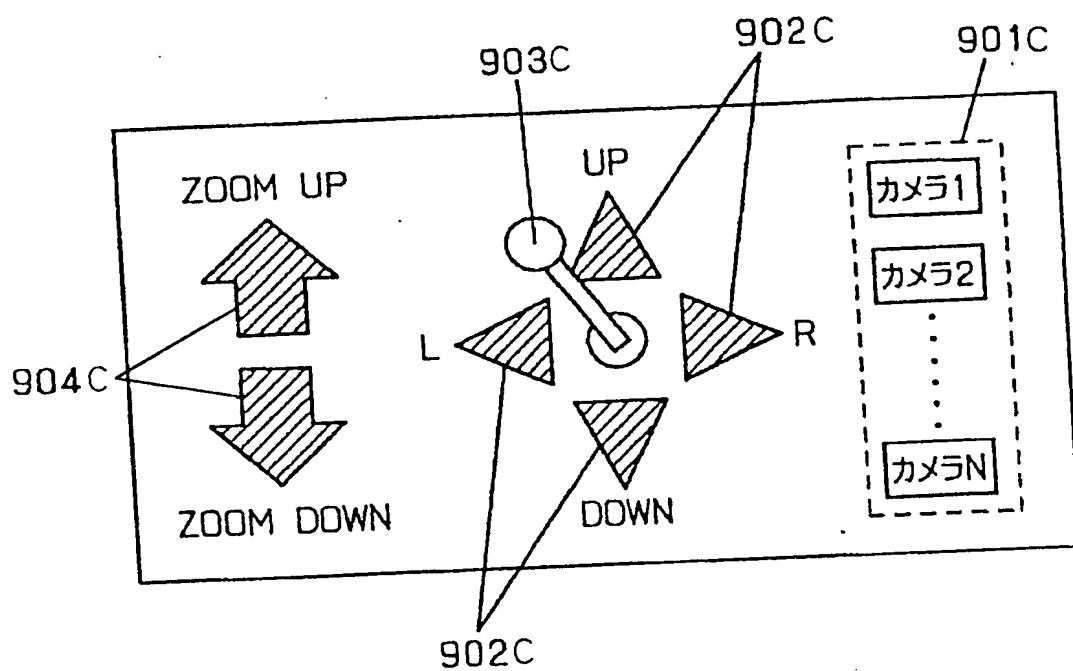
4 5 / 6 7

第 4 7 図

空間モデルを構成する面 (X-Z平面)



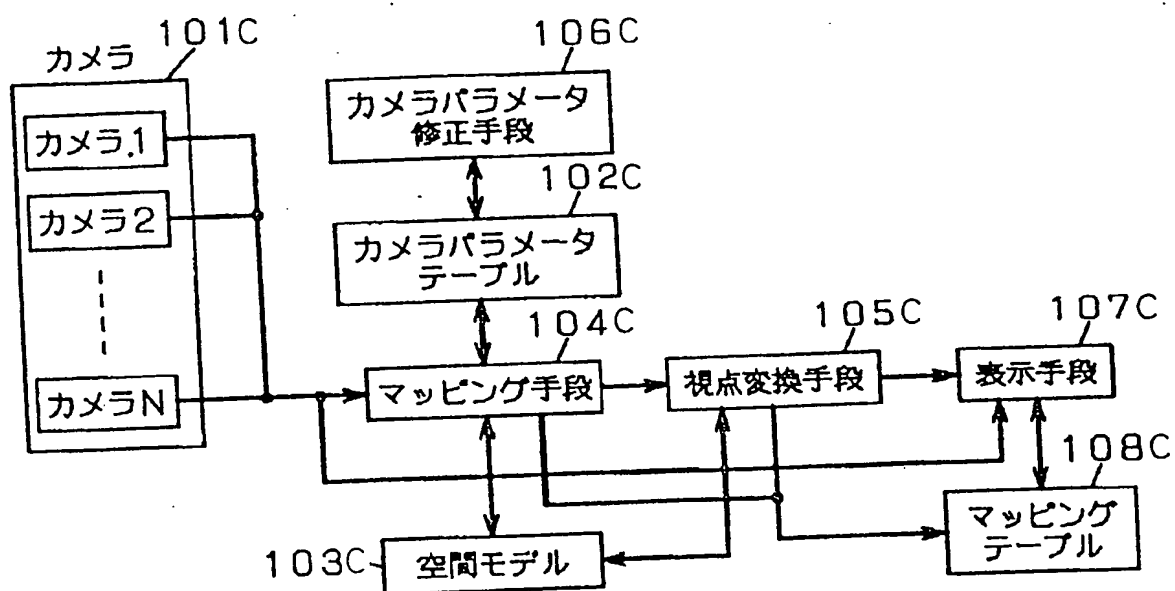
第 4 8 図





4 7 / 6 7

第 4 9 図

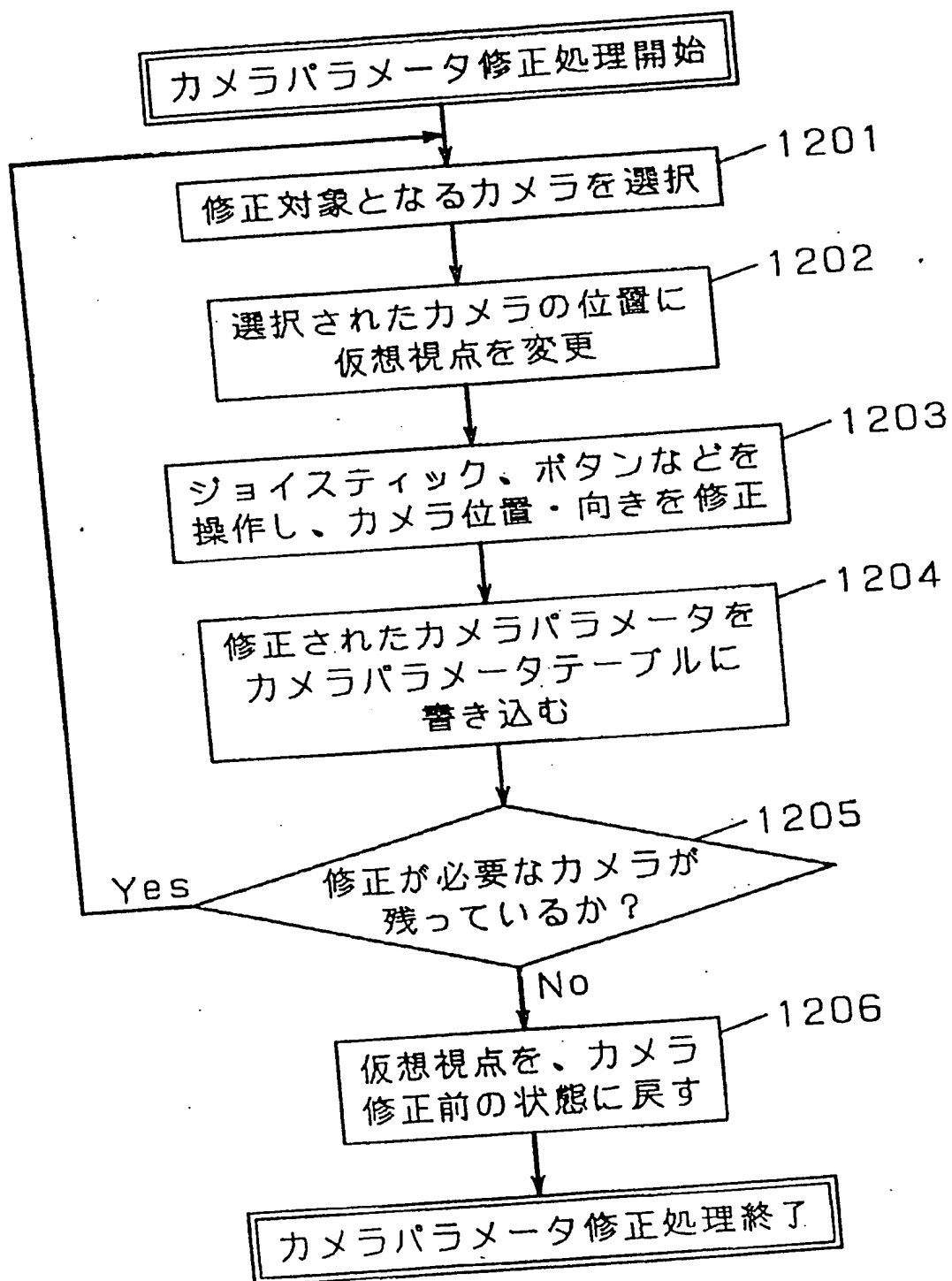


4 8 / 6 7

## 第 5 0 図

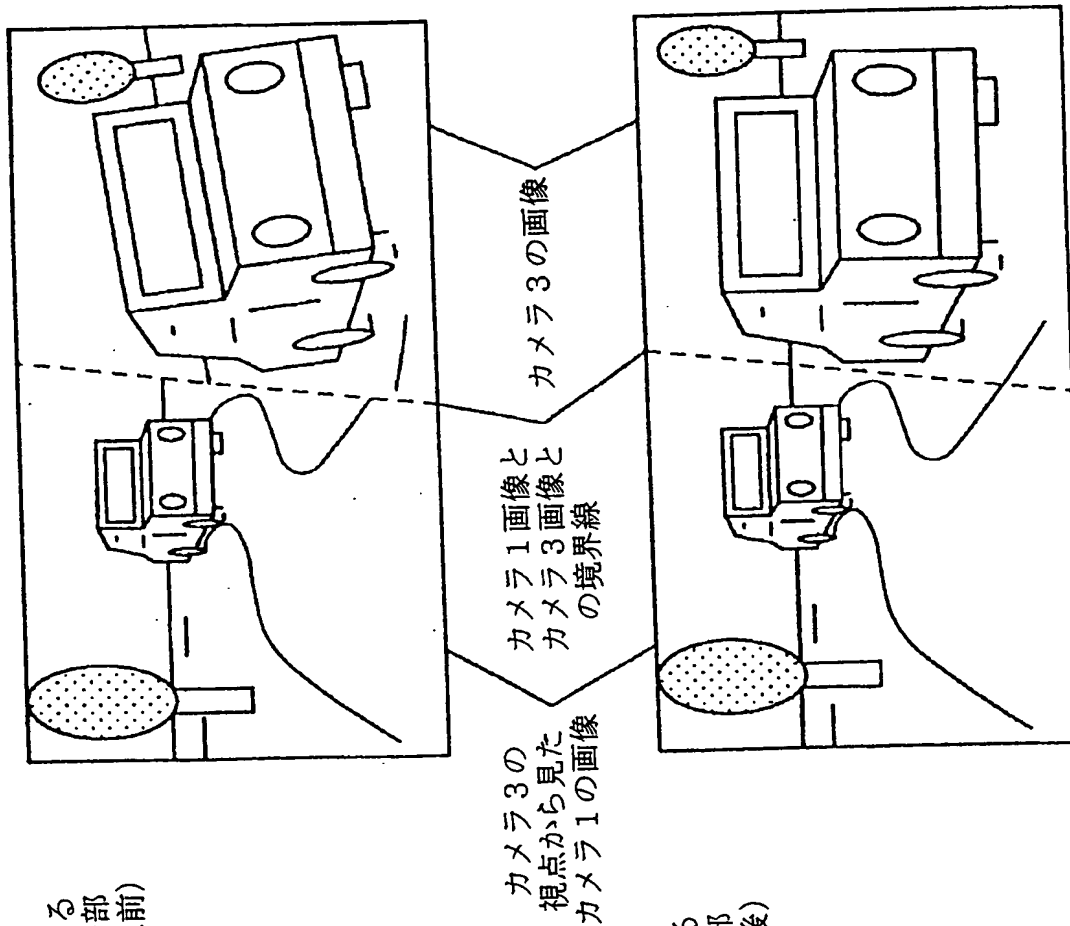
(1,10,10)	(1,12,12)		...		(3,50,80)
(1,11,11)	(1,12,13)		...		(3,49,82)
(1,12,12)	(1,12,14)		...		(3,48,84)
.	.				.
.	.				.
.	.				.
.	.				.
.	.				.
.	.				.
(2,0,100)	(2,2,102)		...		(3,0,192)

## 第51図

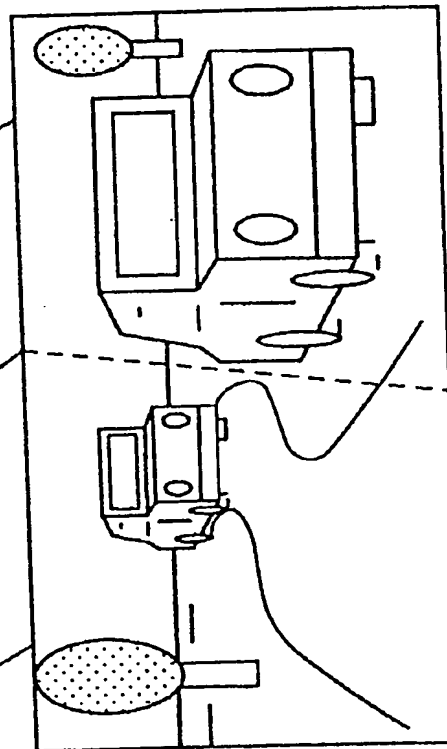


5 0 / 6 7

第 5 2 ( a ) 図  
カメラ修正処理時における  
車載カメラ合成画像の一部  
(カメラパラメータ修正前)



第 5 2 ( b ) 図  
カメラ修正処理時における  
車載カメラ合成画像の一部  
(カメラパラメータ修正後)

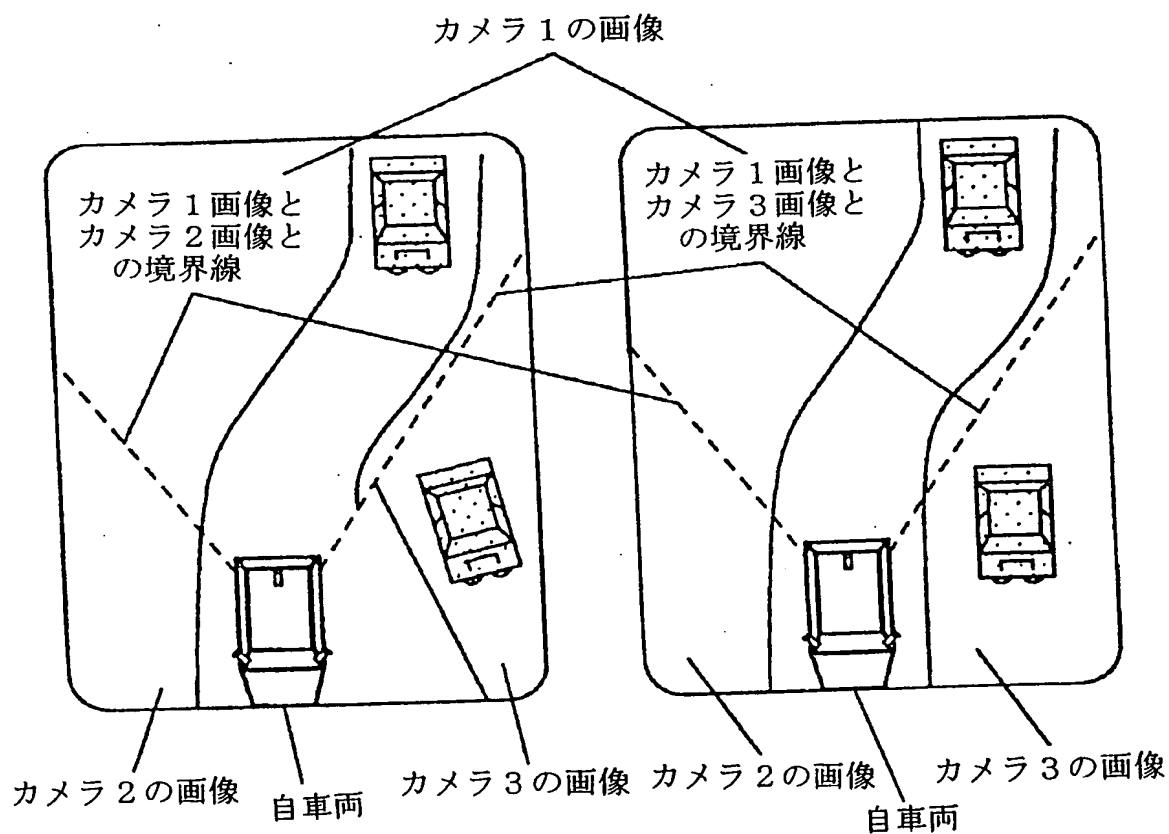


5 1 / 6 7

## 第53(a)図

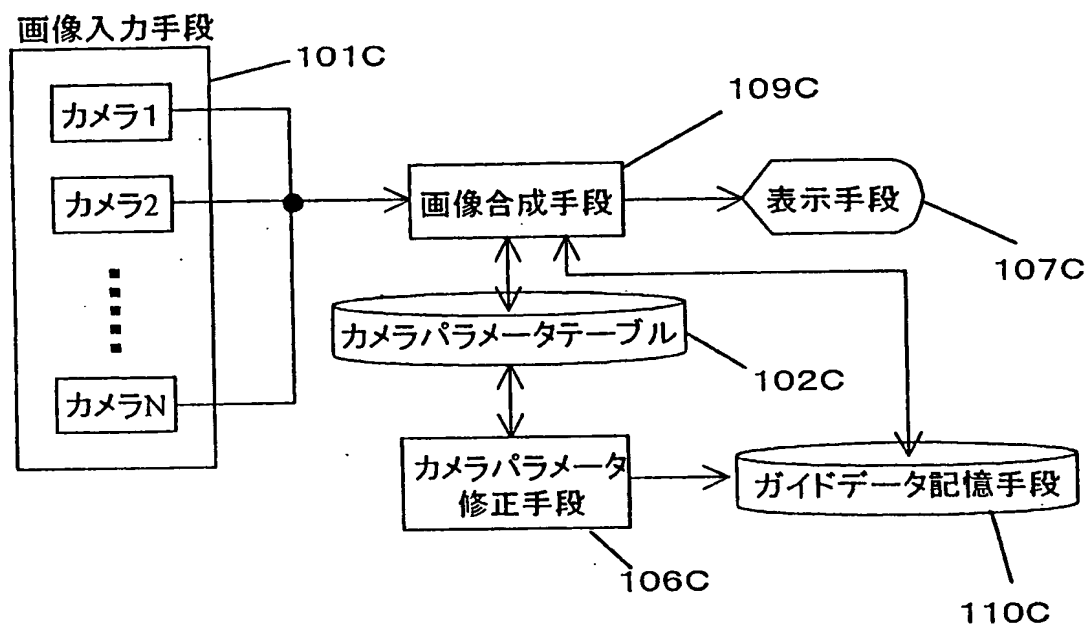
車載カメラ合成画像例  
(カメラパラメータ修正前)

## 第53(b)図

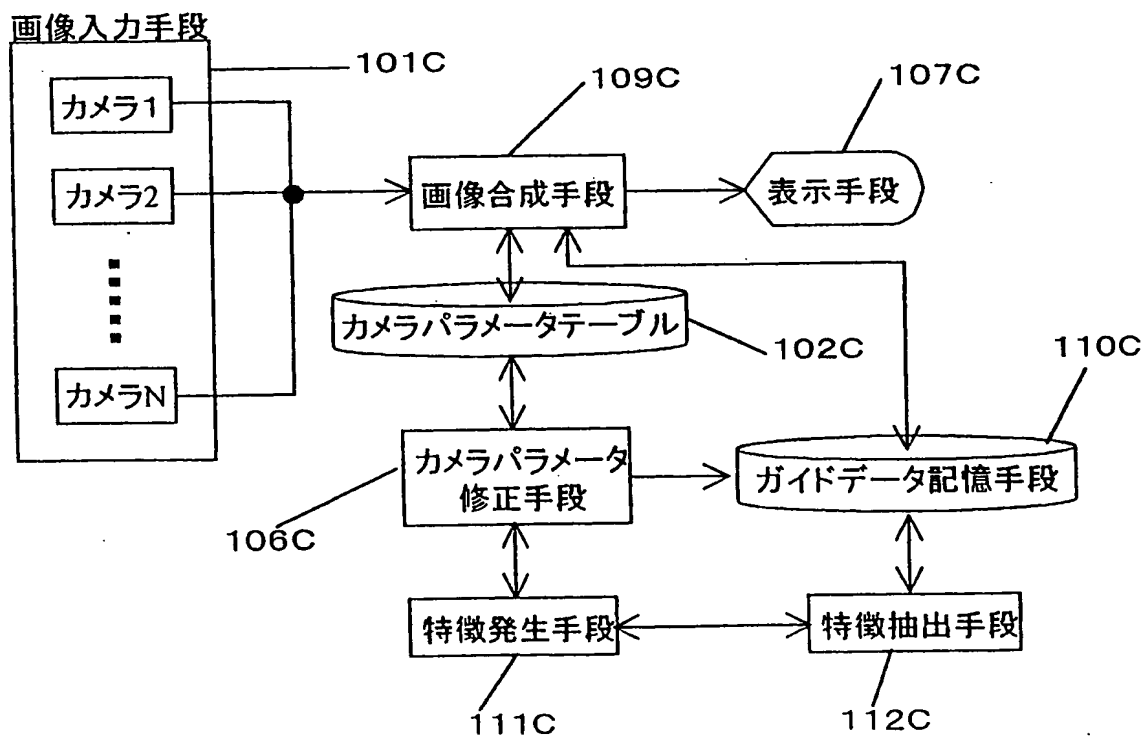
車載カメラ合成画像例  
(カメラパラメータ修正後)

5 2 / 6 7

第 5 4 図

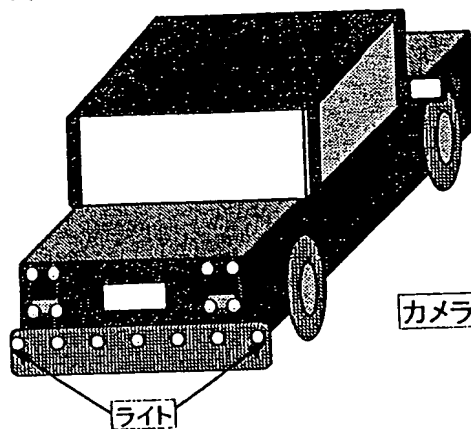


第 5 5 図

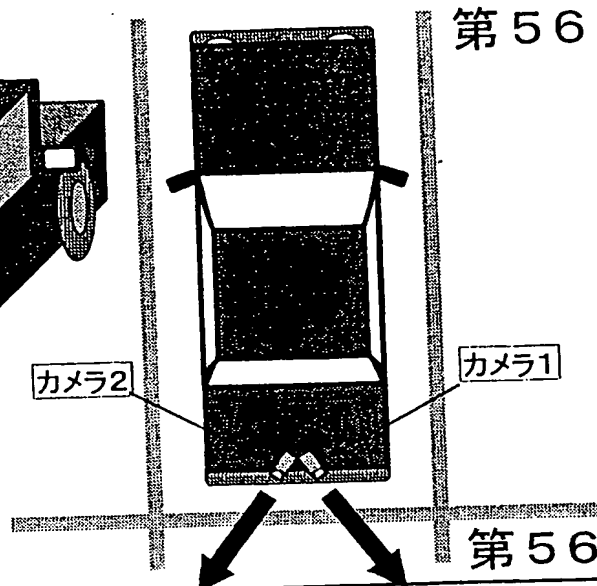


5 3 / 6 7

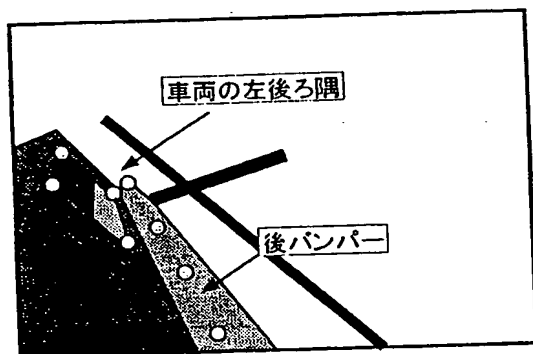
第56(a)図



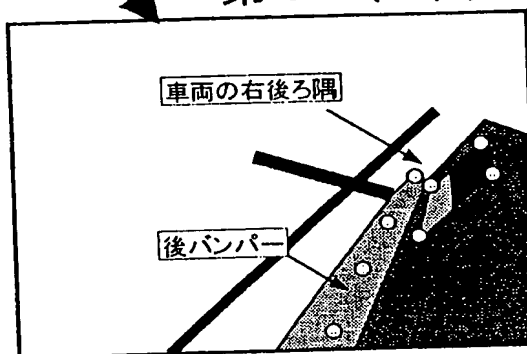
第56(f)図



第56(b)図



第56(c)図

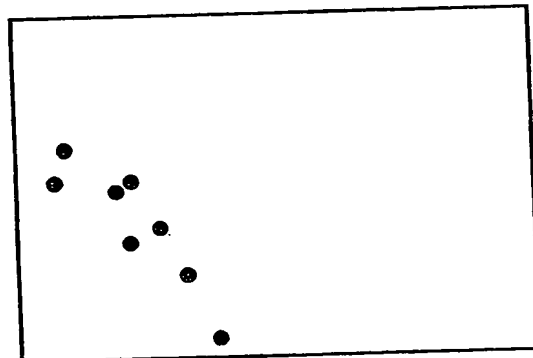


キャリブレーション後のカメラ2の画像例

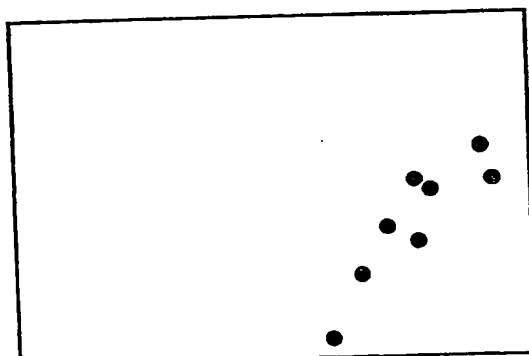
キャリブレーション後のカメラ1の画像例

特徴抽出(ライトの光っているところだけを抽出)

第56(d)図

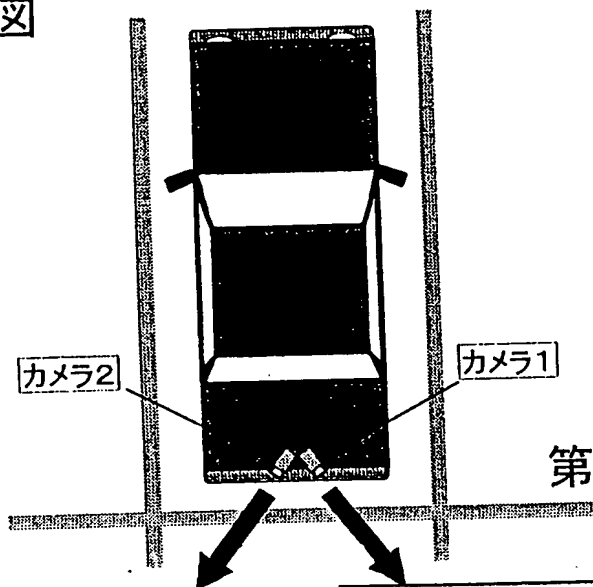
点によるガイドデータ2の作成例  
(カメラ2の修正に利用)

第56(e)図

点によるガイドデータ1の作成例  
(カメラ1の修正に利用)

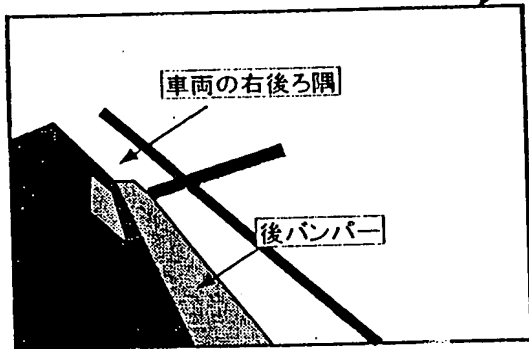
5 4 / 6 7

第57(a)図

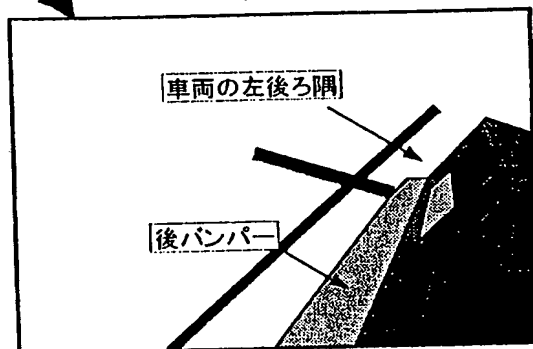


第57(c)図

第57(b)図

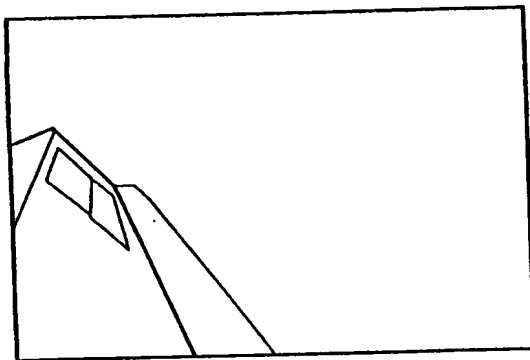


キャリブレーション後のカメラ2の画像例

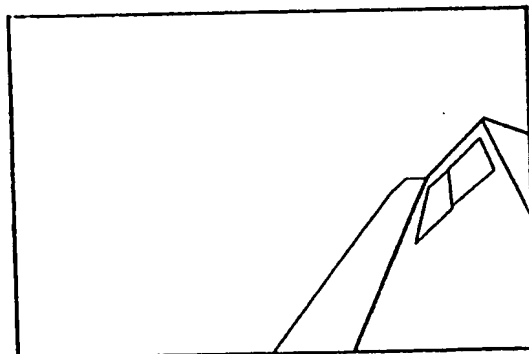


キャリブレーション後のカメラ1の画像例

特徴抽出(エッジを抽出し、不要部分の除去)

ガイドデータは1度作るだけでよいので、  
自動作成が無理であれば手作りでもよい線によるガイドデータ2の作成例  
(カメラ2の修正に利用)

第57(d)図

線によるガイドデータ1の作成例  
(カメラ1の修正に利用)

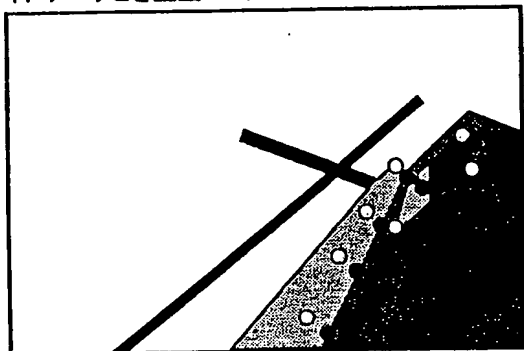
第57(e)図



5 5 / 6 7

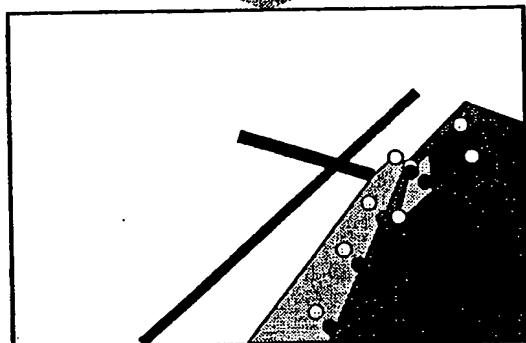
## 第 58 ( a ) 図

カメラ1がずれてしまっている状態でのカメラ1の画像と  
ガイドデータとを重畳して表示した例



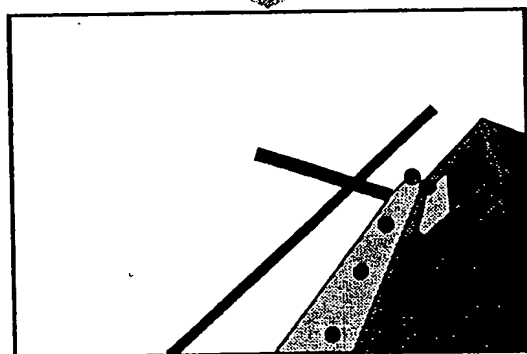
## 第 58 ( b ) 図

ジョイスティックを左に少し回転させ、回転によるずれを修正



## 第 58 ( c ) 図

ジョイスティックを左上に少し倒して、カメラの向きを修正

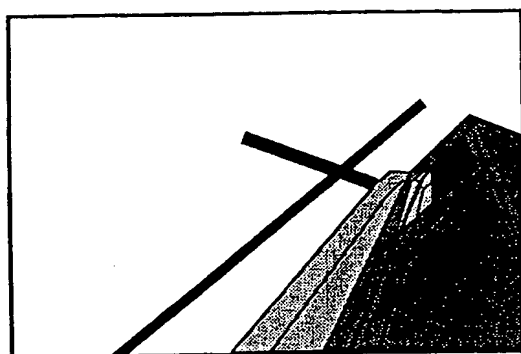


キャリブレーション後のカメラ1の画像例

5 6 / 6 7

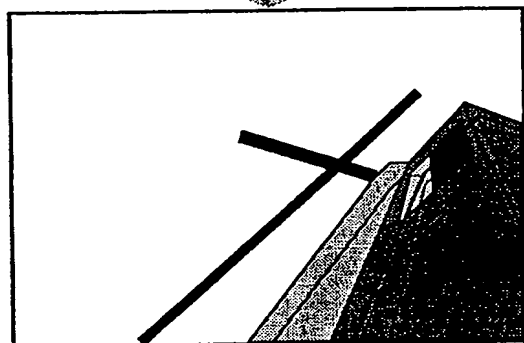
## 第59(a) 図

カメラ1がずれてしまっている状態でのカメラ1の画像と  
ガイドデータとを重畳して表示した例



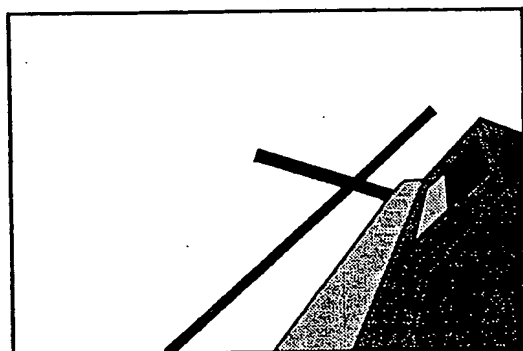
## 第59(b) 図

ジョイスティックを左に少し回転させ、回転によるずれを修正



## 第59(c) 図

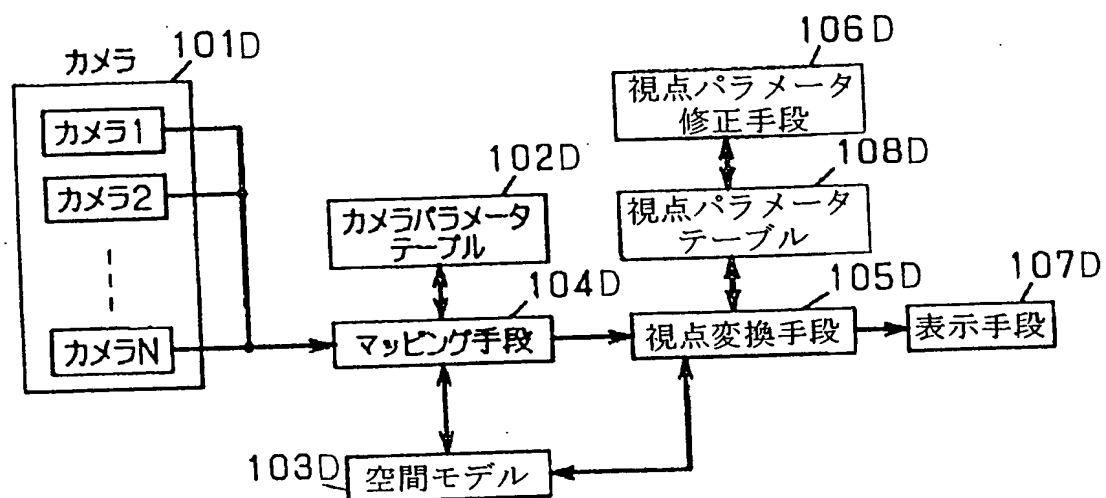
ジョイスティックを左上に少し倒して、カメラの向きを修正



キャリブレーション後のカメラ1の画像例

5 7 / 6 7

第 6 0 図



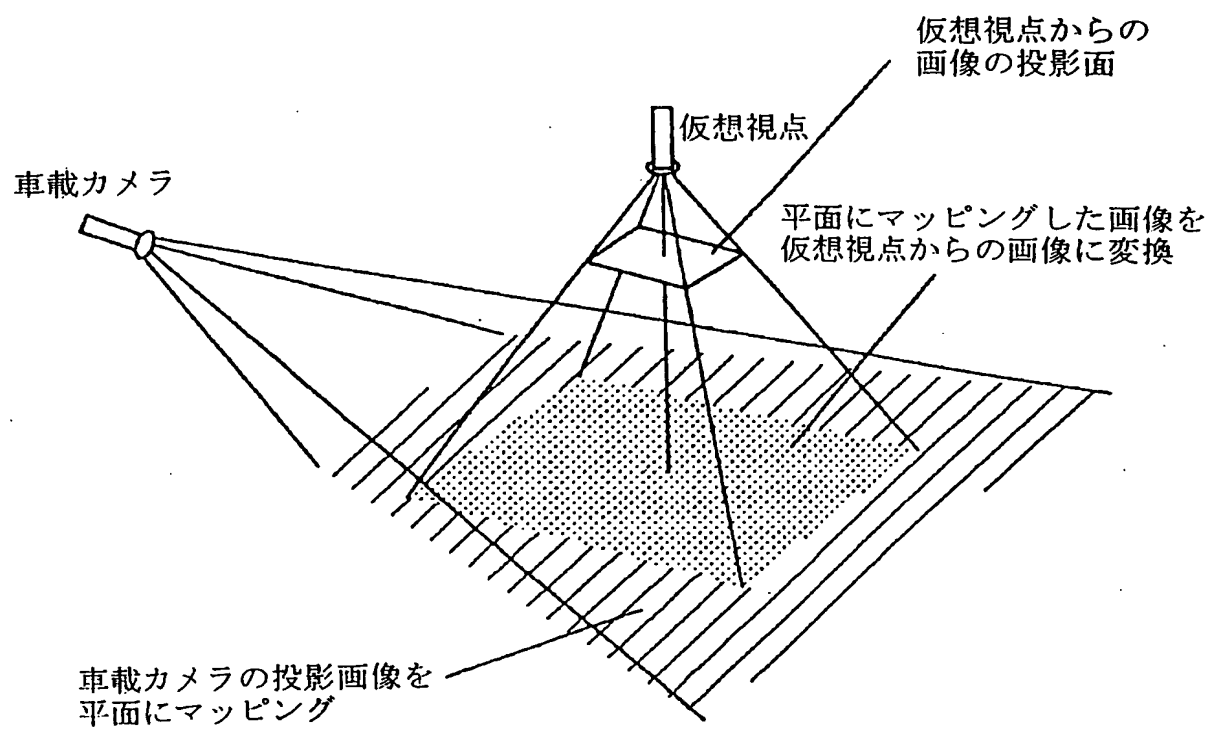
5 8 / 6 7

第 6 1 図

	X 座 標	Y 座 標	Z 座 標	角 度 $\alpha$ ( 度 )	角 度 $\beta$ ( 度 )	角 度 $\gamma$ ( 度 )	焦 点 距 離	歪 み $\kappa 1$	歪 み $\kappa 2$
仮 想 視 点 1	0	0	Z2	0	-90	0	f2	0	0
仮 想 視 点 2	0	0	Z2	0	-90	0	f2	0	0
仮 想 視 点 3	0	0	Z2	0	-90	0	f2	0	0

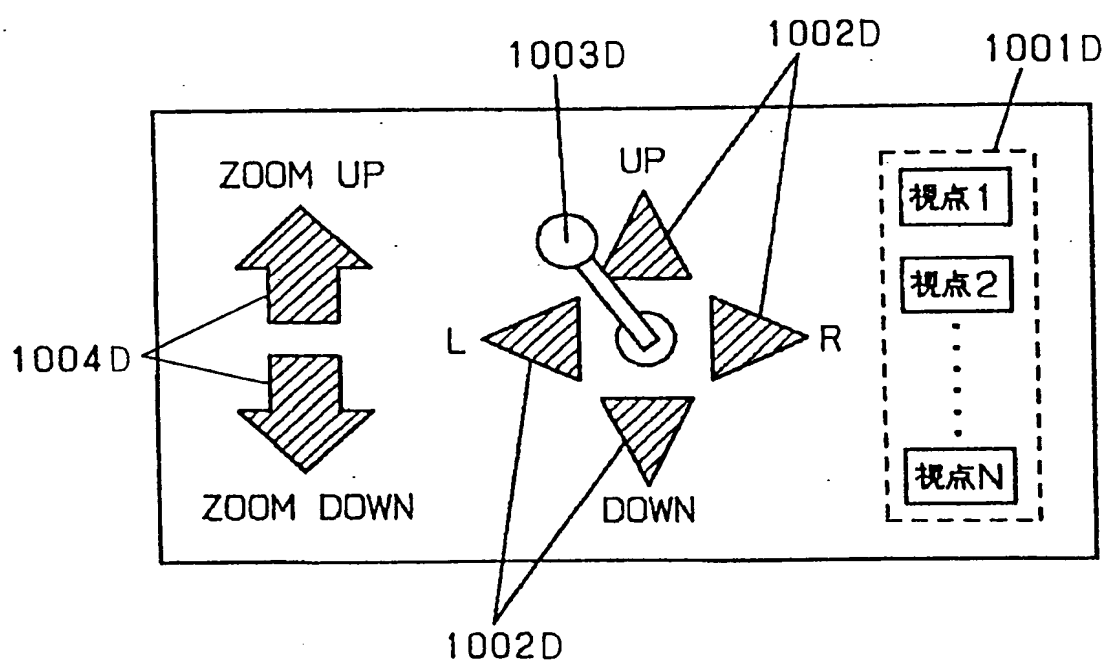
5 9 / 6 7

## 第 6 2 図



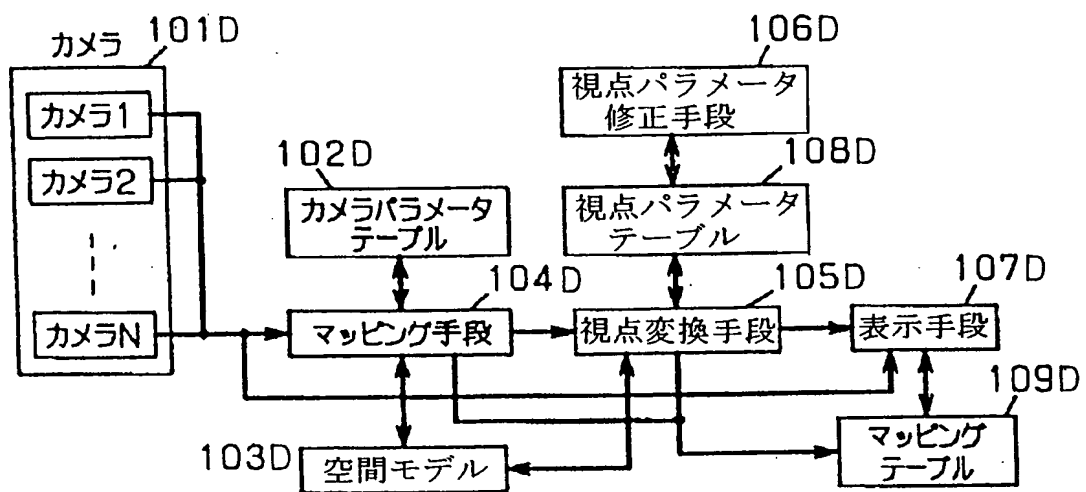
6 0 / 6 7

第 6 3 図



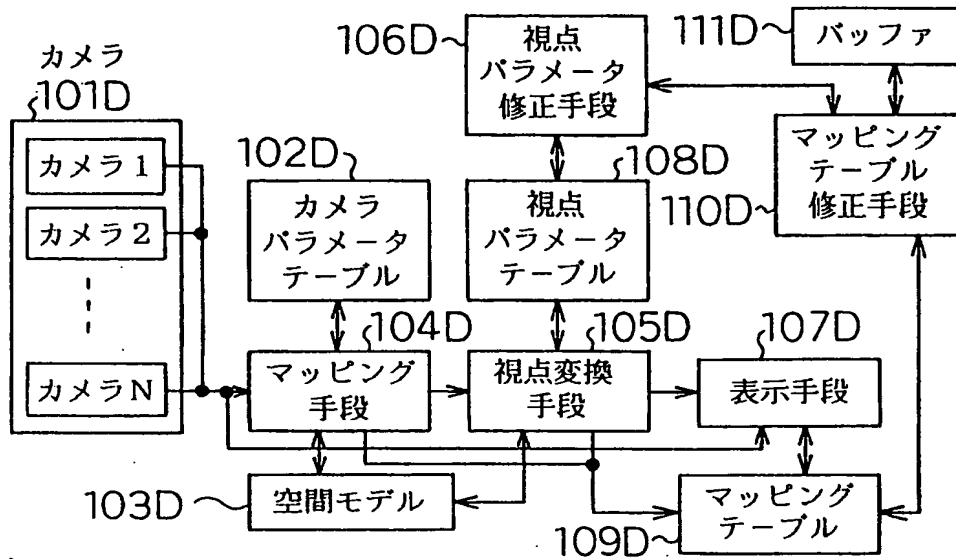
6 1 / 6 7

第 6 4 図



6 2 / 6 7

## 第 6 5 ( a ) 図



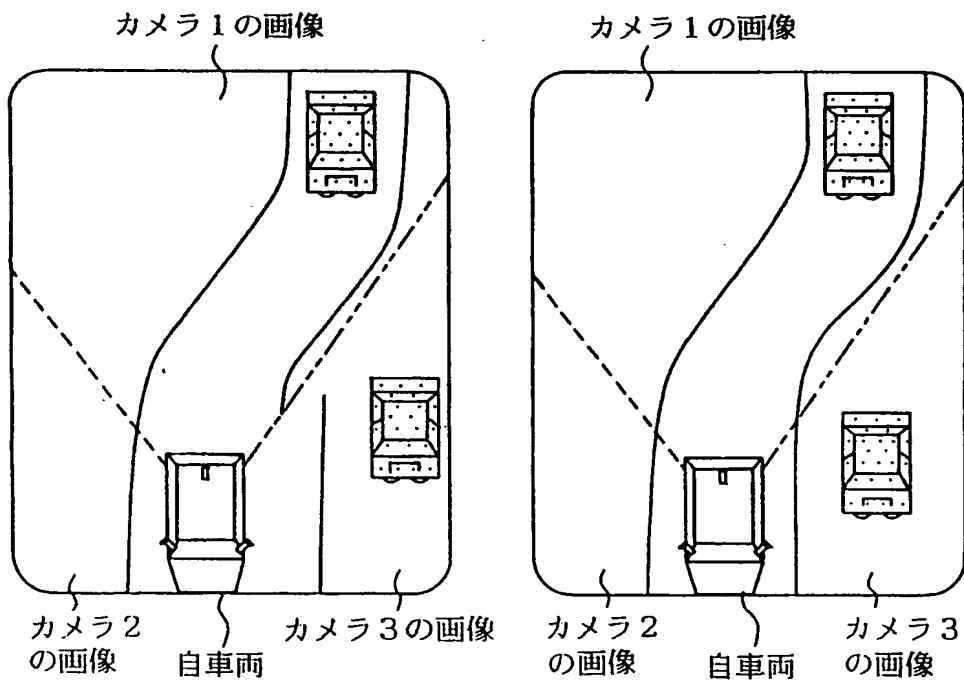
## 第 6 5 ( b ) 図

車載カメラ合成画像例  
(視点パラメータ修正前)

## 第 6 5 ( c ) 図

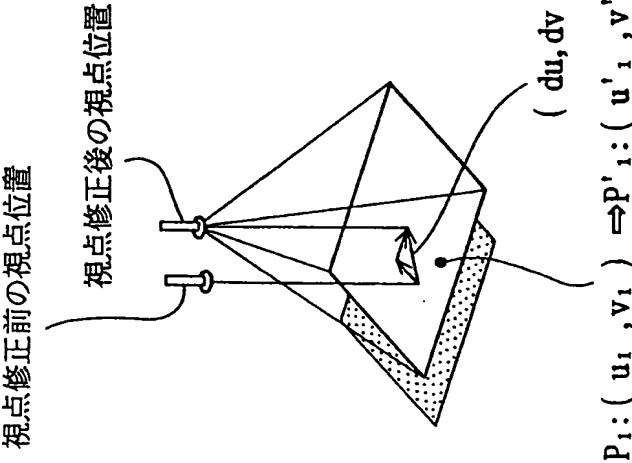
車載カメラ合成画像例  
(視点パラメータ修正後)

----- カメラ1画像とカメラ2画像との境界線  
 - - - - - カメラ1画像とカメラ3画像との境界線



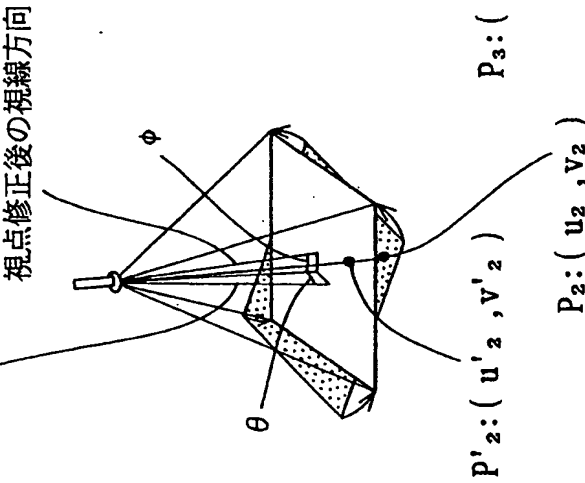


第 66 ( a ) 図



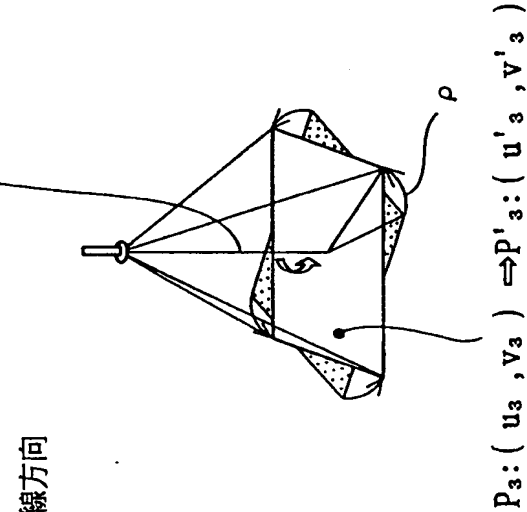
第 66 ( b ) 図

視点修正前の視線方向  
(視点から平面までの  
距離をdとする)



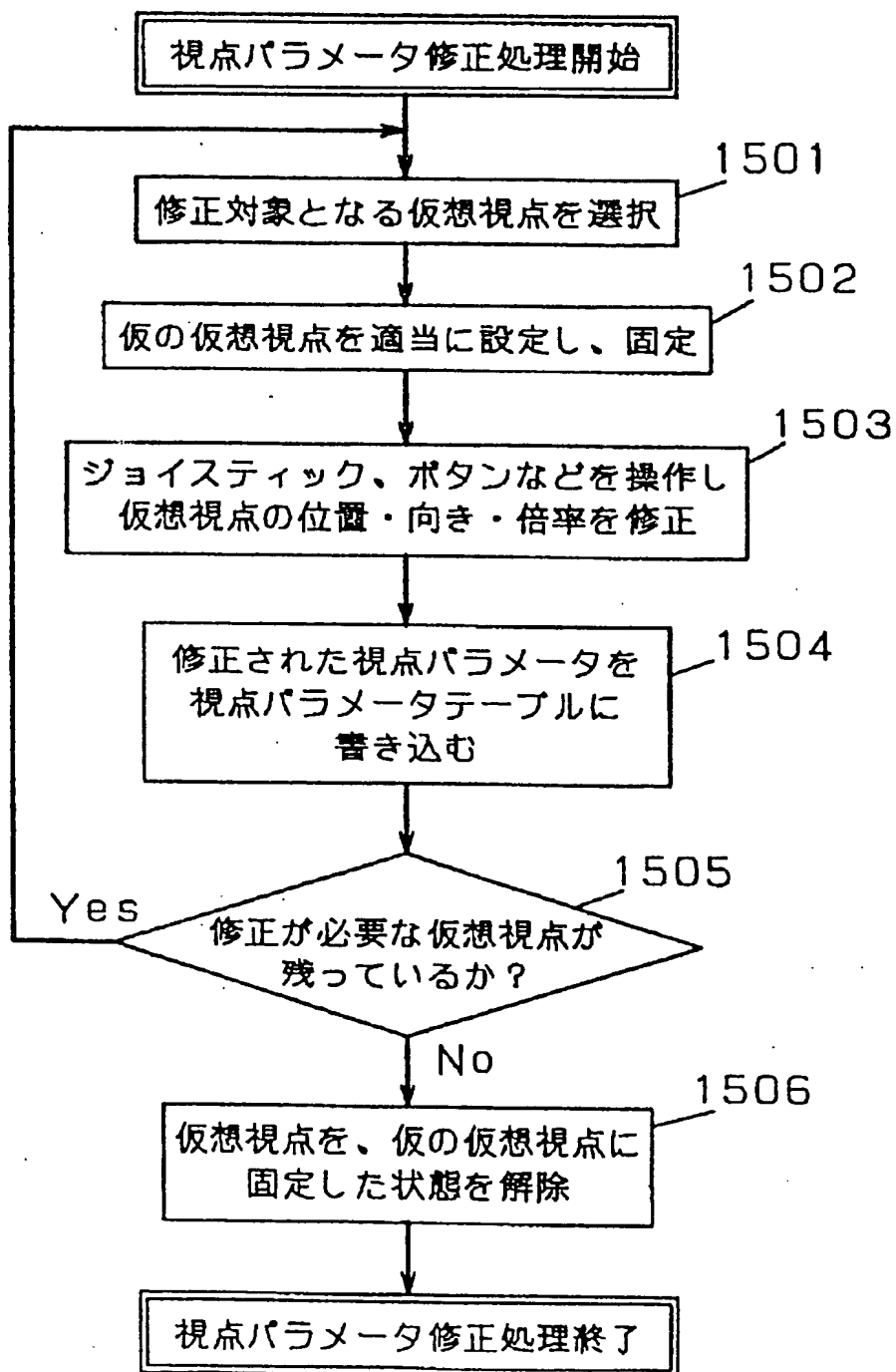
第 66 ( c ) 図

視点修正前と視点修正後の  
視線方向は同じ



6 4 / 6 7

第 6 7 図

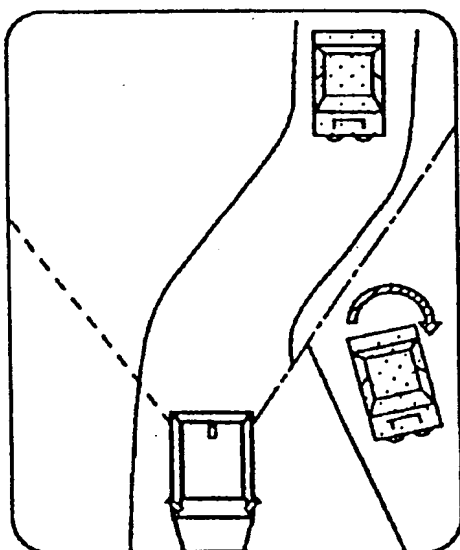


6 5 / 6 7

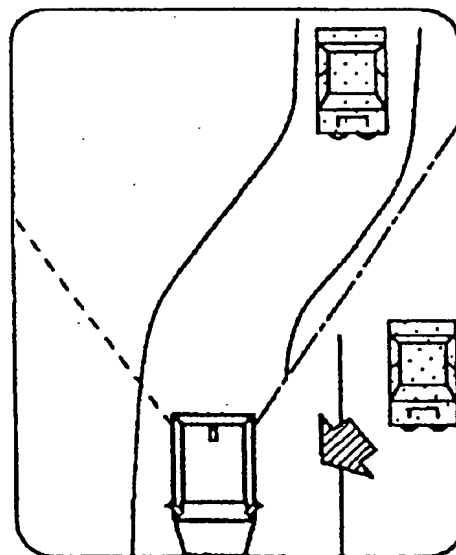
----- カメラ 1 画像とカメラ 2 画像との境界線  
—— カメラ 1 画像とカメラ 3 画像との境界線

**第 68 ( a ) 図**

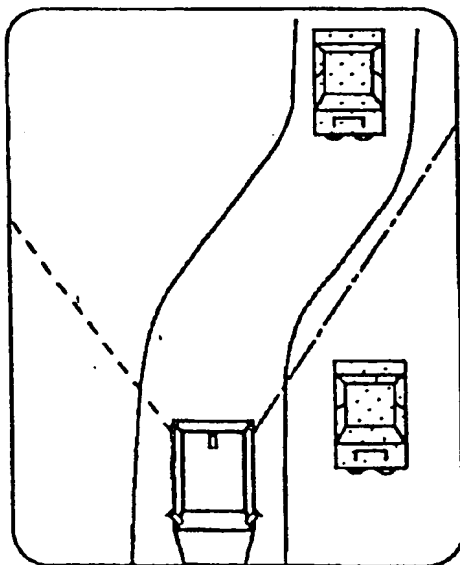
視点パラメータ修正前の画面

**第 68 ( b ) 図**

視線軸を中心に回転後の画面

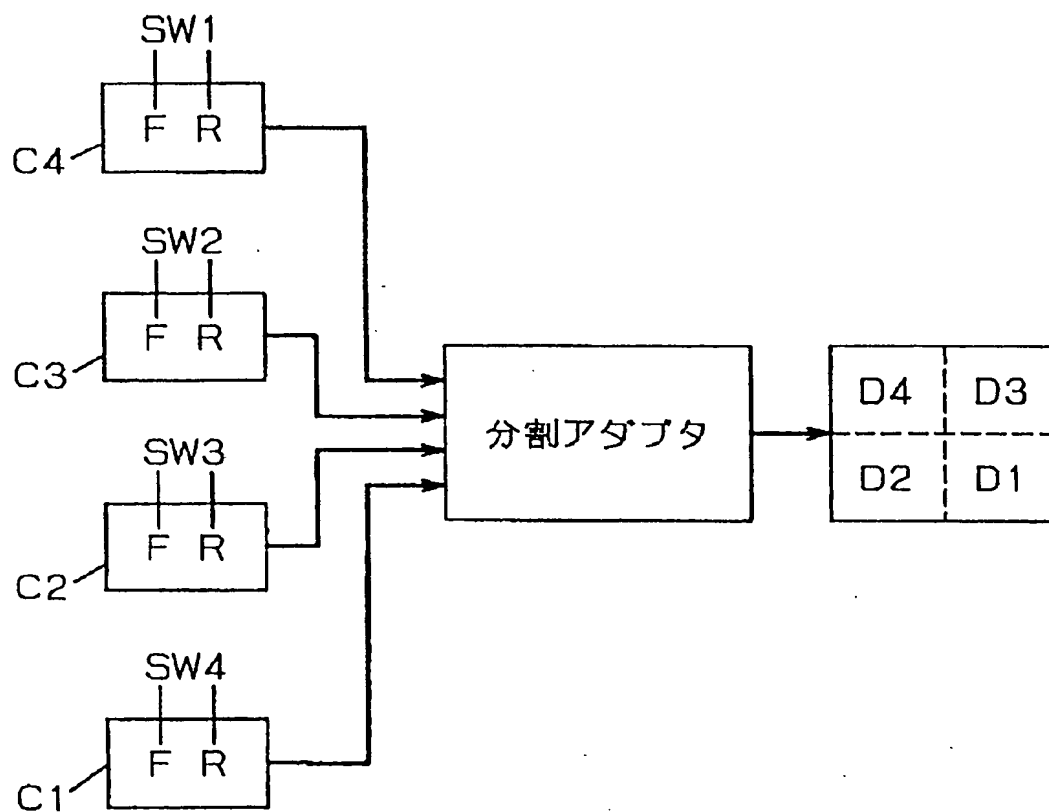
**第 68 ( c ) 図**

視線軸を平行移動し、修正が完了した画面



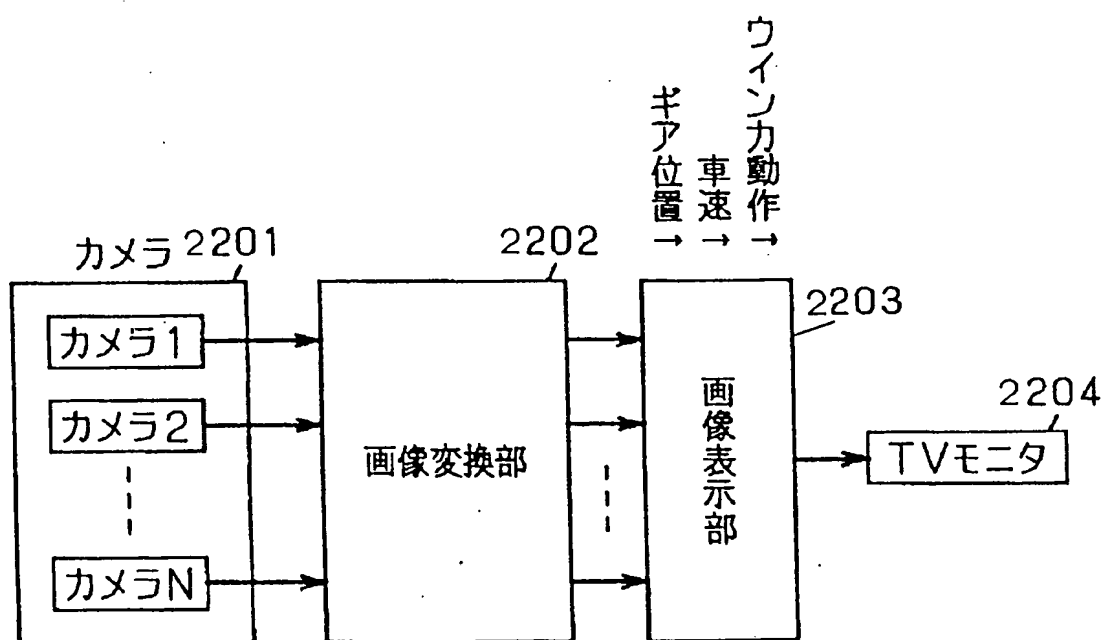
6 6 / 6 7

第 6 9 図



6 7 / 6 7

第 7 0 図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int. Cl<sup>6</sup> H04N7/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int. Cl<sup>6</sup> H04N7/18, G06T17/00, B60R1/00, 21/00Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1999  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y  A	JP, 9-305796 A (Canon Inc.), 28 November, 1997 (28. 11. 97) (Family: none)	1, 3, 25-26 2, 4-12, 16, 23, 27-28 13-15, 17-22, 24, 29-60
X Y  A	JP, 9-114979, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 2 May, 1997 (02. 05. 97) (Family: none)	1, 3, 25-26 2, 4-12, 16, 23, 27-28 13-15, 17-22, 24, 29-60
Y  A	JP, 10-124704, A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 15 May, 1998 (15. 05. 98) (Family: none)	2, 5-10, 12, 23, 27-28 4, 11-12, 16, 24, 31, 33, 45-60
Y  A	JP, 10-40499, A (Honda Motor Co., Ltd.), 13 February, 1998 (13. 02. 98) (Family: none)	4, 11-12, 16 32-60

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
15 October, 1999 (15. 10. 99)Date of mailing of the international search report  
26 October, 1999 (26. 10. 99)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

**PCT/JP99/04061****C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 3-166534, A (Seikosha Co., Ltd.), 18 July, 1991 (18. 11. 91) (Family: none)	14-15, 21-22

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/04061

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. cl.<sup>8</sup> H 0 4 N 7 / 1 8

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. cl.<sup>8</sup> H 0 4 N 7 / 1 8, G 0 6 T 1 7 / 0 0, B 6 0 R 1 / 0 0, 2 1 / 0 0

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1999  
 日本国公開実用新案公報 1971-1999

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y  A	J P, 9-305796, A (キヤノン株式会社) 28. 11 月. 1997 (28. 11. 97) (ファミリーなし)	1, 3, 25-26 2, 4-12, 16 , 23, 27-28 13-15, 17-22 , 24, 29-60
X Y  A	J P, 9-114979, A (日本電信電話株式会社) 2. 5 月. 1997 (02. 05. 97) (ファミリーなし)	1, 3, 25-26 2, 4-12, 16 , 23, 27-28 13-15, 17-22 , 24, 29-60

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15. 10. 99

国際調査報告の発送日

26.10.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

西谷 憲人

5 P

9187

印

電話番号 03-3581-1101 内線 3581



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP, 10-124704, A (三洋電機株式会社) 15. 5 月. 1998 (15. 05. 98) (ファミリーなし)	2, 5-10, 12 , 23, 27-28 4, 11-12, 16 , 24, 31, 33, 45 -60
Y A	JP, 10-40499, A (本田技研工業株式会社) 13. 2 月. 1998 (13. 02. 98) (ファミリーなし)	4, 11-12, 16 32-60
A	JP, 3-166534, A (株式会社精工舎) 18. 7月. 1 991 (28. 11. 91) (ファミリーなし)	14-15, 21-22